

ПУТ И САОБРАЋАЈ

БР. 1-2.
1975.



ПУТИ САОБРАЋАЈ

Часопис Друштва за путеве СР Србије, Македоније и Црне Горе

ГОД. XXI БР. 1—2

ЈАНУАР—ФЕБРУАР

ГОД. 1975.

САДРЖАЈ

Др. Душан Светел, дипл. инж. — Специјалне асфалтне мешавине

Мр. Александар Цветановић, дипл. инж. — Сабијање асфалтних коловоза

Миодраг Јовановић, дипл. инж. — Историјски развој путева у Србији

Александар Лепавцов, дипл. инж. — Путеви на тлу данашње Македоније — поглед кроз историју

Др. Здравко Јоксић, дипл. инж. — Сечење и бушење бетона термичким поступком

Заслужни чланови Друштва

Новости из технике

Насловна страна: Деоница ауто-пута Београд — Обреновац

Снимно: Милан Кличковић, техничар

Др Душан СВЕТЕЛ, дипл. инж.

Специјалне асфалтне мешавине*

У В О Д

Југословенским техничким прописима и стандардима одређени су састави асфалтних мешавина за све врсте асфалтних застора и дати су гранични услови захтеваног квалитета. Последњих година, међутим, поставља се све већи број захтева које ове стандардне мешавине не могу да испуне. Осим тога, стандардна испитивања не могу да пруже довољно података за оцену квалитета асфалтних мешавина и могућност њихове примене.

Примена пнеуматика са клинцима (спајковима) и у нашој земљи узима све више маха, тако да о томе треба више повести рачуна. Осматрања у Немачкој су показала да возила саобраћају просечно и по 5 месеци годишње са пнеуматикама снабденим спајковима, мада су само мали број дана коловози покривени ледом. Док је раније углавном број тешких возила утицао на одређивање дебљине коловозне конструкције, као и на оцењивање замора века њеног трајања, сада лака возила у великој мери утичу на трошење и хабање површине коловозног застора, и о због спајкова који у великој мери разарају асфалтне слојеве у које су грађене сландардне асфалтне мешавине.

У зимском периоду штету асфалтним засторима наносе и средства за отапање снежног наноса која се користе у оквиру зимског одржавања. Применом ових средстава отапа се снежни нанос на површини коловозног застора, али се ствара и течна фаза врло ниских температура, до -15°C и нижих, тако да долази до замрзавања воде која се евентуално задржала у дубљим слојевима коловозне конструкције и до разарања коловоза.

Стога постоји тенденција да се уведе већи проценат битумена у асфалтну мешавину, односно да битуменски малтер асфалтне мешавине садржи релативно већи проценат везива од процената који је прописан стандардом.

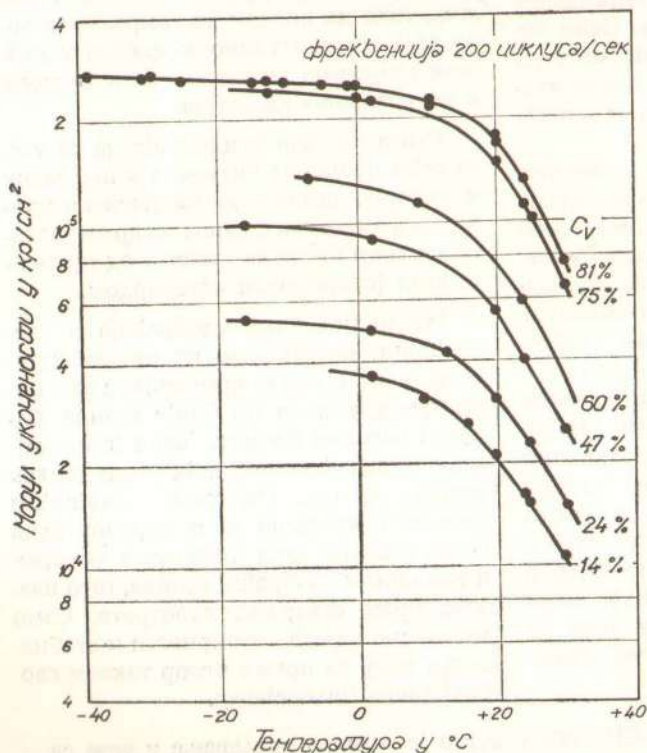
Нагло повећање саобраћаја и саобраћајног оптерећења на нашим путевима, како по величини осовинског оптерећења, тако и по броју возила, односно њиховој брзини, један је од најзначајнијих фактора који утичу на век трајања путева. На свим значајнијим путевима изведена је и хоризонтална сигнализација која условљава усмерен и каналисан саобраћај возила, што изазива брже стварање колотрага. Само мешавине највеће отпорности и стабилности могу да пруже отпор таквом саобраћајном оптерећењу.

*) У Друштву за путеве СР Србије аутор је одржао предавање у вези са овим материјалом.

КАРАКТЕРИСТИКЕ СПЕЦИЈАЛНИХ АСФАЛТНИХ МЕШАВИНА

Према техничким условима ЈУС У.Е4.014 за израду асфалтних бетона, асфалтне мешавине се састављају по такозваном бетонском принципу, тј. крива гранулометријског састава минералне мешавине је Фулерова парабола, чиме се постиже минимум шупљина у мешавини. Према новом предлогу техничких услова за асфалтне бетоне, садржај камене ситнежи (фракције каменог агрегата величине зрна преко 2 mm) у асфалтном бетону за хабајући слој 0/8 mm и 0/11 mm износи 40 до 60%, а у асфалтном бетону за хабајући слој 0/16 mm 45 до 65% од укупне количине агрегата. Количина битумена израчунава се тако да, између осталог, садржај шупљина у асфалтној мешавини износи 2 до 4 запреминска процента.

Асфалтна мешавина може да се подели на асфалтни мастикс, тј. мешавину битумена, филера и песка до величине зрна 2 mm, и на камену ситнеж, тј. фракције каменог агрегата величине зрна преко 2 mm. Често се примењује и назив битуменски малтер, под којим се подразумева мешавина битумена и филера величине зрна до 0,09 mm у асфалтној мешавини. Ако се асфалтна мешавина подели на овај начин, долази се до закључка да камена ситнеж код стандардних мешавина не формира скелет већ „плива“ у асфалтном мастику. Оваква мешавина не може да пружи отпор врло високим напрезањима, па се за такве случајеве препоручује одступање од састава мешавина на принципу бетона, а препоручује се да минерална мешавина садржи већу количину камене ситнежи, односно око 70%. Ова камена ситнеж мора да буде повезана асфалтним мастиком



Сл. 1 — Промена модула укочености битуменских малтера са различитим процентом филера у функцији температуре, при фреквенцији 200 циклуса у секунди

посебног квалитета, повољних реолошких карактеристика и добре прионљивости за зрна камене ситнежи.

Особине асфалтног мастика су од одлучујућег значаја за квалитет асфалтних мешавина, па ће стога у овом чланку бити размотрен утицај појединих компонената асфалтног мастика, тј. битумена, филера и песка, као и адитива, на побољшање реолошких карактеристика и других особина асфалтног мастика.

Утицај филера, песка и битумена на особине асфалтног мастика и битуменског малтера

Особине и реолошке карактеристике асфалтне мешавине у највећој мери зависе од реолошких карактеристика асфалтног мастика и битуменског малтера. Најважније карактеристике су модул укочености и вискозитет, због чега ће у овом тексту бити приказан утицај компонената асфалтног мастика на ове реолошке карактеристике.

Утицај количине филера на промену модула укочености битуменског малтера може се видети из дијаграма на слици 1, на коме је промена модула укочености дата у функцији температуре и количине филера у битуменском малтеру.

Испитивања су вршена синусоидално променљивим оптерећењем фреквенције 200 циклуса у секунди. На дијаграму су приказане зависности модула укочености битуменског малтера са 14%, 24%, 47%, 60%, 75% и 81% кречњачког филера у функцији температуре дате у °C. Тачка размекшавања битумена по ПК износила је 54°C, а пенетрација 13 mm.

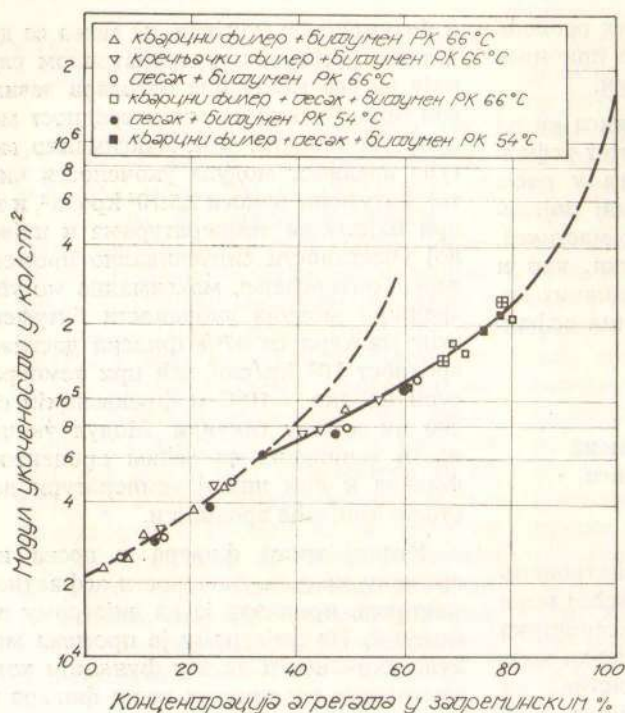
Као што се види из дијаграма, ток криве промене модула укочености у функцији температуре, који је одлучујући за реолошки карактер и битумена

и битуменског малтера, не мења се додатком филера, и у посматраном случају за све мешавине одговара везиву сол-типа. Једино се мења вредност модула укочености. Док максимално могућа вредност модула укочености чистог битумена износи $2,5 \cdot 10^4$ kp/cm², и то при најнижим температурама и највећој учесталости синусоидално променљивог оптерећења, максимално могућа вредност модула укочености битуменског малтера са 47% филера достиже вредност 10^5 kp/cm² већ при температури од око —10°C и фреквенцији од 200 циклуса у секунди. Модул укочености мешавина са већим процентом филера и при нижој температури достиже још веће вредности.

Утицај врста филера и песка на промену модула укочености асфалтног мастика, приказан је на дијаграму на слици 2. На дијаграму је промена модула укочености дата у функцији концентрације различитих врста филера и песка у запреминским процентима.

Мешавине битумена, филера и песка справљене су са два типа битумена, тачке размекшавања 66°C, односно 54°C. Температура при којој су обављена испитивања одабрана је тако да модул укочености за оба типа битумена износи $2 \cdot 10^4$ kp/cm², што је само мало ниже од максималне вредности модула укочености чистих битумена. Фреквенција синусоидално променљивог оптерећења износила је 200 циклуса у секунди. Испитивана је промена модула укочености битумена под утицајем различитих процентуалних додатака филера и песка, и то додавањем следећих врста битумена, филера и песка:

- кварцни филер + битумен ПК 66°C,
- кречњачки филер + битумен ПК 66°C,
- песак + битумен ПК 66°C,
- кварцни филер + песак + битумен ПК 66°C,



Сл. 2 — Промена модула укочености битуменских малтера и асфалтних мастикса различитих састава, у функцији концентрације агрегата у запреминским процентима

- песак + битумен ПК 54°C,
- кварцни филер + песак + битумен ПК 54°C.

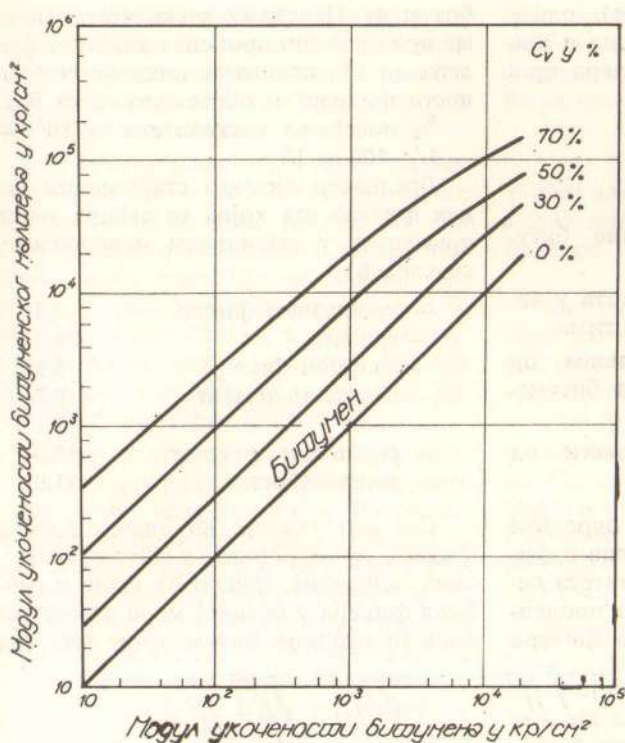
Из дијаграма се види да, упркос чињеници што је рађено са различитим врстама филера и песка, све тачке леже на истој кривој.

На основу тога се може закључити да врста филера и песка и њихов гранулометријски састав не утичу на промену зависности модула укочености од температуре и времена трајања оптерећења, већ само на промену његове вредности. Према томе, врста филера и песка не утиче на реолошки тип и структуру (Максвелов или Барцеров модел, односно сол или гел-структуру) и подручју у коме је модул укочености од пресудног утицаја на реолошко понашање битумена (ниске температуре, краткотрајна оптерећења, висока учесталост динамичких оптерећења).

У том подручју модул укочености асфалтног мастикса, односно битуменског малтера зависи од модула укочености битумена, односно зависности модула укочености асфалтног мастикса од температуре и времена трајања оптерећења условљена је реолошким оптерећењем чистог битумена. Утицај модула укочености битумена на модул укочености битуменског малтера приказан је на дијаграму на слици 3.

Вредности модула укочености битуменског малтера са 30%, 50% и 70% филера дате су у функцији модула укочености битумена. Из дијаграма се види да постоји скоро потпуна линеарна зависност ова два модула. Извесна одступања настају при максималним вредностима модула укочености и максималном садржају филера.

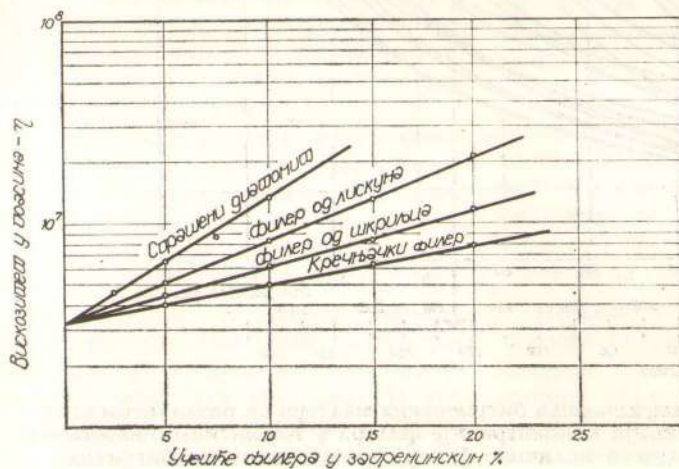
Утицај врсте филера на промену вискозитета битумена, односно на вискозитет битуменског малтера приказан је на слици 4.



Сл. 3 — Промена модула укочености битуменских малтера са различитим процентима филера, у функцији модула укочености битумена

На дијаграму је приказана зависност вискозитета битуменског малтера у функцији количине филера. Врста филера није утицала на промену модула укочености, али у великој мери утиче на промену вискозитета битумен-

ског малтера. Кречњачки филер најмање утиче на промену вискозитета битумена, док филер од лискуна, а нарочито спрашени диатомит, при истом садржају филера изазивају много већу промену вискозитета.



Сл. 4 — Промена вискозитета битуменских малтера са различитим врстама филера у функцији концентрације филера у запреминским процентима.

Према Тракслеру (Traxler), однос вискозитета мешавине битумена и филера и количине и врсте филера приказан је једначином:

$$\eta_m = C \cdot 10^{AF}$$

где је:

η_m — вискозитет мешавине битумена и филера,

F — количина филера дата у запреминским процентима,

C — константа која зависи од врсте и вискозитета битумена,

A — константа која зависи од врсте филера.

Константе A и C могу се одредити за било коју мешавину битумена и филера мерењем промене вискозитета система под утицајем различитог процентуалног додатка разних врста филера

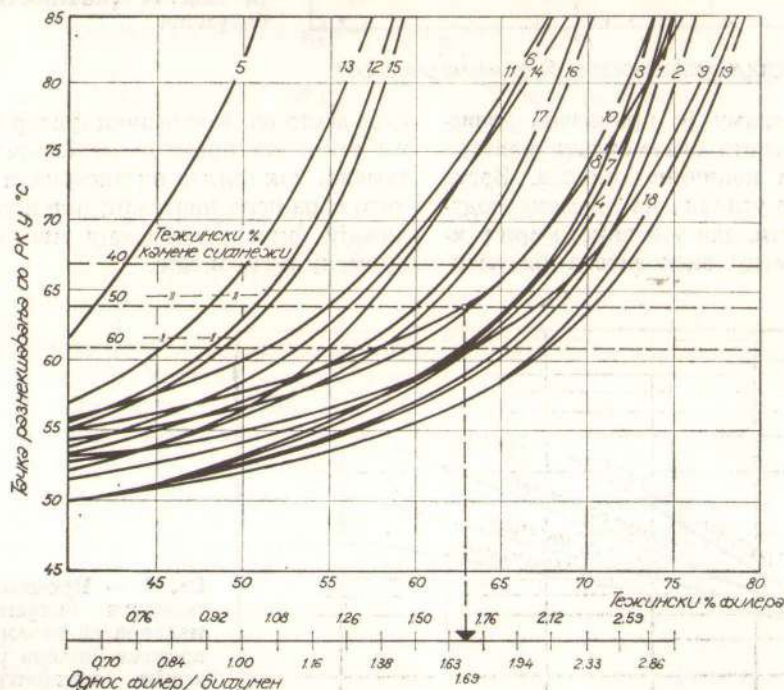
битумену. Повећање вискозитета система при промени процента додатног филера од 1% назива се „индекс стабилности филера“ и обележава се са ИС:

$$\frac{\% \text{ повећања вискозитета}}{10^A} = \frac{1}{100} = IS$$

Вредности индекса стабилности неких филера, од којих се већина може применити у асфалтним мешавинама, су, следеће:

— кречњачки филер	4,5
— графит	4,5
— кварцни филер	5,3
— портланд-цемент	5,7
— талк	7,1
— спрашени диетомит	15,0
— микроазбест	21,0

Све ово указује на значај избора филера при одређивању састава асфалтних мешавина, пошто од врсте и особина филера у великој мери зависе реолошке особине битуменског малтера



Сл. 5 — Промена тачке размекшавања битуменских малтера са различитим врстама филера, у функцији концентрације филера у тежинским процентима, као и функцији односа количине филера према количини битумена

и асфалтног мастика у подручју у коме је вискозитет битумена од пресудног значаја за реолошко понашање битумена (високе температуре, дуготрајна оптерећења итд.).

На основу ових теоретских разматрања развиле су се у неке практичне методе за одређивање међусобног односа филера и битумена у асфалтним мешавинама стандардног састава. На слици 5 приказан је дијаграм који је предложио Рик (Ruck), а који приказује међусобни однос количине филера и битумена у саставима асфалтних мешавина за асфалтне бетоне.

Рик је пошао од поставке да различити филери различито утичу на промену тачке размекшавања битумена. Одредио је промену тачке размекшавања битумена под утицајем додатка двадесетак различитих врста филера, а добијене вредности је унео у дијаграм приказан на слици 5. С обзиром да од особина мешавине битумена и филера зависе и реолошке карактеристике асфалтних мешавина, Рик је закључио да мешавина битумена и филера греба да има одређену тачку размекшавања, без обзира на врсту филера који се примењује. Тачка размекшавања мешавине битумена и филера функција је и састава минералне мешавине за асфалтни бетон, тј. зависи од количине камене ситнежи величине зрна изнад 2 mm која се налази у усвојеној асфалтној мешавини. Рик сматра да тачка размекшавања мешавине битумена и филера треба да износи:

- 61°C код мешавина са 60% камене ситнежи величине зрна изнад 2 mm,
- 64°C код мешавина са 50% камене ситнежи величине зрна изнад 2 mm,
- 67°C код мешавина са 41% камене ситнежи величине зрна изнад 2 mm.

За одређену врсту филера и одређени тип асфалтне мешавине из дијаграма се одређује међусобни однос филера и битумена. На дијаграму је дат пример за филер обележен ознаком „8” и за минералну мешавину са 50%

зрна величине изнад 2 mm, а установљено је да тежински однос количине филера према количини битумена треба да износи 1,69.

Утицај адитива на особине асфалтног мастика и битуменског малтера

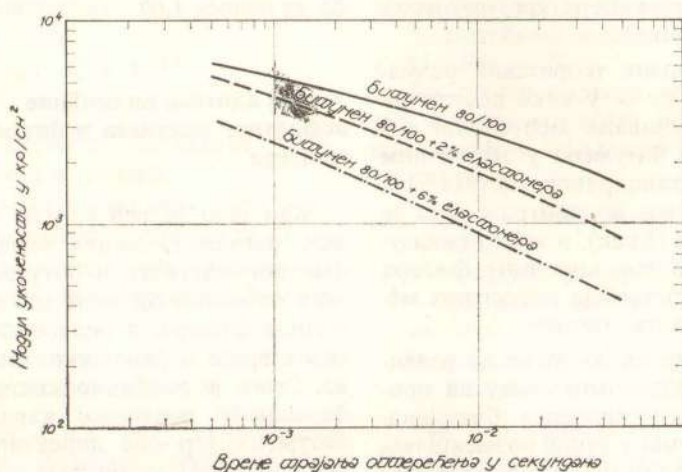
Као што је већ речено у претходном поглављу, модул укочености асфалтног мастика и битуменског малтера не зависи од врсте већ само од количине филера, а реолошки тип зависи од врсте и реолошког типа битумена. Стога је необично важно да се побољшавају реолошке карактеристике битумена, јер оне директно утичу на реолошке карактеристике асфалтне мешавине.

Реолошке карактеристике битумена могу се побољшати додавањем еластомера, како природних тако и синтетичких. На слици 6 је приказана промена модула укочености у функцији времена трајања оптерећења за чист битумен и битумен коме је додато 2% и 6% еластомера. Из дијаграма се види да додат еластомера повољно утиче на вредност модула укочености у подручју краткотрајних оптерећења и да се понашање битумена помера од Максвеловог модела ка Барцеровом, што је много повољније за понашање битумена на ниским температурама.

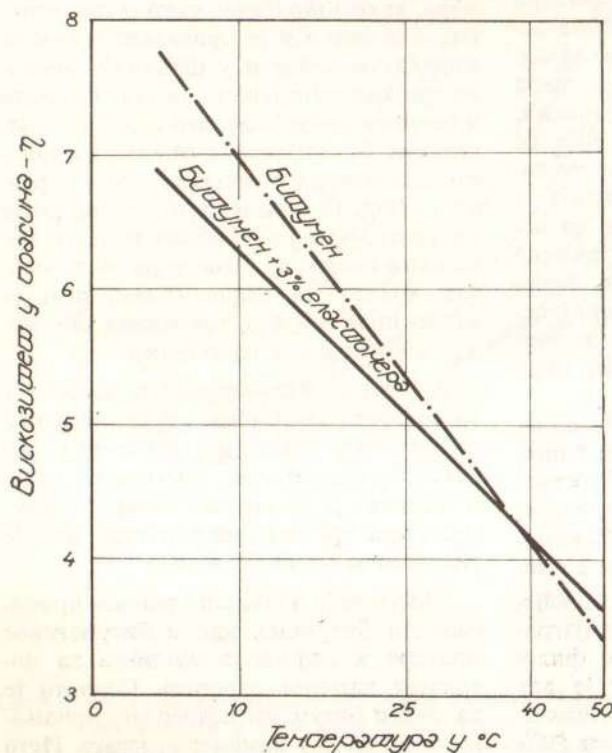
На слици 7 приказана је зависност вискозитета битумена од температуре за чист битумен и битумен коме је додато 3% еластомера. Вискозитет битумена коме је додат еластомер се мање мења при промени температуре, што је значајно за квалитет везива.

Посебно је значајан проблем прионљивости битумена, као и битуменског малтера и асфалтног мастика за површину каменог агрегата. Познато је да многи битумени недовољно приањају за површину каменог агрегата. Исто

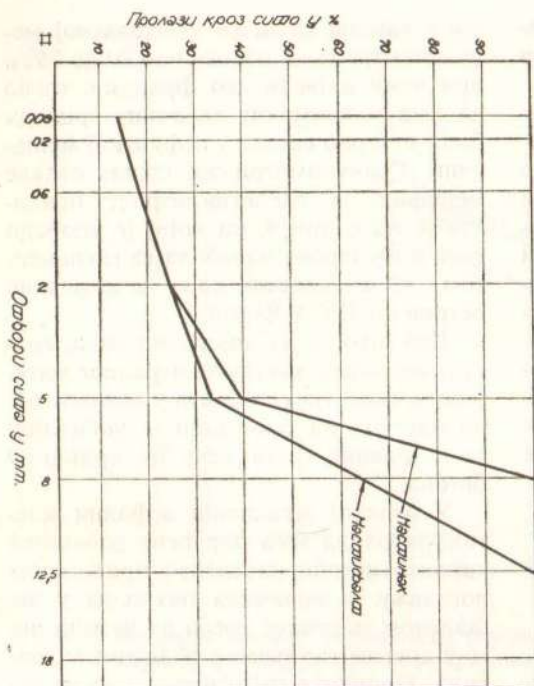
тако, површина неких агрегата, нарочито агрегата од еруптивних стена, не веже довољно чврсто слој битумена. Стога се у ствари већ више година при-



Сл. 6 — Промена модула упорности битумена и битумена са додацима еластомера, у функцији времена трајања оптерећења у секундама



Сл. 7 — Промена вискозитета битумена са додатком еластомера у функцији температуре у $^{\circ}\text{C}$



Сл. 9 — Гранулометријски састави минералне мешавине за мастимак и мастифалт

специјалне мешавине, погоднији су за безбедно одвијање саобраћаја при великим брзинама и на влажној површини коловоза. Површина застора је много храпавија него површина застора у које су уграђене класичне асфалтне мешавине састављене на принципу бетона, а имају врло повољну микро и макrohrапавост. Осим тога, ови застори су отпорнији на дејство клинаца који се последњих година све више примењују у нашој земљи.

Неколико највећих грађевинских предузећа из Савезне Републике Немачке паралелно развија своје системе састављања ових специјалних асфалтних мешавина.

Грађевинско предузеће „Штрабаг“ (Strabag) из Келна примењује нове асфалтне засторе назване мастимак (mastmac) и мастифалт (mastiphalt).

Грађевинско предузеће „Тербау“ (Teerbau) из Есена уграђује сличан тип

асфалтног застора, који је назван асфифалт ((asphiphalt).

Грађевинско предузеће „Кемна Бау“ (Kemna Bau) уграђује Тапимак (tapimac), који је такође припремљен на истом принципу.

Мастимак и мастифалт се разликују само по величини максималног зрна у минералној мешавини, односно по дебљини застора у који се уграђују. Мастимак има максимално зрно величине 8 mm и уграђује се у слојеве 2 до 3 cm, док мешавина за мастифалт има максимално зрно величине 8 mm и уграђује се у слојеве дебљине преко 3 cm. Карактеристика ових мешавина је, као што је већ раније напоменуто, да гранулометријски састав минералне мешавине знатно одступа од Фулерове криве, како по садржају камене ситнежи, која је знатно повећана, тако и по садржају филера, који је такође већи од уобичајеног. Садржај камене ситнежи величине зрна преко 2 mm креће се у границама од 70 до 80%, односно идеална

линија садржи 75⁰/₀ камене ситнежи величине зрна преко 2 mm. На слици 9 дате су линије гранулометријског састава за мастимак и мастифалт. Као камена ситнеж употребљава се племенита камена ситнеж добијена од стенске масе одличног квалитета. Као песак употребљава се племенити дробљени песак 0/2.

Ове мешавине карактерише и већи садржај битумена и филера, нарочито веће учешће битумена у асфалтном мастиксу.

У табели 1 дати су састави мешавина за неколико врста каменог агрегата, које су примењене у Немачкој и Холандији:

Табела 1

	Мастимак 0/8	Мастифалт 0/12	Мастимак 0/8	Мастимак 0/8	Мастимак 0/8
Племенита камена ситнеж (диабаз. преко 2 mm)	79 ⁰ / ₀	73 ⁰ / ₀			
Племенита камена ситнеж (диабаз 5/8 mm)			58 ⁰ / ₀		
Племенита камена ситнеж (диабаз 2/5 mm)			20 ⁰ / ₀		
Племенита камена ситнеж (базалт 5/8 mm)				70 ⁰ / ₀	
Племенита камена ситнеж (порфирит преко 2,4 mm)					75 ⁰ / ₀
Племенити дробљени песак (0/2,4 mm)	11 ⁰ / ₀	16 ⁰ / ₀	11 ⁰ / ₀	14 ⁰ / ₀	15 ⁰ / ₀
Кречњачки филер	9 ⁰ / ₀	10 ⁰ / ₀	11 ⁰ / ₀	8 ⁰ / ₀	10 ⁰ / ₀
Азбест	1 ⁰ / ₀	1 ⁰ / ₀			
Битумен Б 80				8 ⁰ / ₀	
Битумен Б 80 (на сто)	8,7	8,5			
Битумен + адитиви (на сто)			7,5		7,5
Битумен					преко 22 ⁰ / ₀ у мастиксу

Асфифалт, који Грађевинско предузеће „Тербау“ примењује од 1970. године, има сличан гранулометријски састав, с тим што се мешавини додају одређени адитиви који побољшавају особине асфалтног мастика.

Типичан састав мешавине за асфифалт 0/12 mm (примењује се и асфифалт 0/8 mm, а, изузетно, и 0/5 mm) је:

- племенита камена ситнеж 5/8 и 8/12 mm 70⁰/₀
- племенити дробљени песак 0/2 mm 19⁰/₀

- филер 11%
- битумен Б 65 или Б 80 7,2 на сто
- адитив (PD мешавина) 1,5 на сто

Тапимац, који примењује Грађевинско предузеће „Камна Бау“, има сличан гранулометријски састав, а примењује се у више типова, од 0/5 mm до 0/18 mm. Асфалтни мастикс је сличног састава и особина, а додају се и адитиви за побољшање карактеристика асфалтног мастика и асфалтне мешавине.

Ове мешавине се не испитују уобичајеном Маршаловом методом, јер оне по свом саставу одступају од стандардних мешавина за које је овај тест и уведен. Ако се испитивање изводи по Маршаловом поступку, резултати показују да су течења виша од уобичајених, стабилности нешто ниже, а модули укочености знатно нижи од модула мешавина за асфалтне бетоне. Ово је последица тога што су ове специјалне мешавине састављене по другачијем принципу него мешавине асфалтних бетона.

При уграђивању ових специјалних мешавина део асфалтног мастика стави се на дну слоја и чини непропуст-

љиви слој, док површина слоја остаје храпава.

Стабилност оваквих асфалтних мешавина зависи од реолошких и других карактеристика асфалтног мастика, тако да се саставу асфалтног мастика поклања највећа пажња. Патентни захтеви који се односе на ове мешавине углавном третирају састав асфалтног мастика, као и учешће различитих додатака.

Једна од битних карактеристика састава асфалтног мастика је велико учешће битумена, које износи најмање 22%. Кад је у питању стандардни асфалтни бетон, код којег садржај филера у мешавини износи око 10%, а пешчане фракције око 40% и који садржи 6% битумена, садржај битумена у асфалтном мастиксу износи мање од 11%. Чак и код ливеног асфалта, који садржи око 23% филера, 36% пешчане фракције и 10% битумена, садржај битумена у асфалтном мастиксу мањи је од 15%. У табели 2 дати су састави асфалтних мастика за врсте мастимака из табеле 1, за ливени асфалт састављен по Херману, као и за асфалтни бетон за хабајући слој 0/8 mm по ЈУС У.Е4.014.

Табела 2

Врста материјала	Мастимак и мастифалт					Асифалт	Ливени асфалт	Асфалт-бетон
	1	2	3	4	5			
Дробљени песак (%)	37,04	45,07	37,29	46,66	46,80	49,10	52,17	71,43
Филер (%)	30,30	28,17	37,29	26,67	31,20	28,42	33,34	17,86
Азбест (%)	3,37	2,82	—	—	—	—	—	—
Битумен + адитиви	29,29	23,94	25,42	26,67	22,00	22,48	14,49	10,71
% филера + (азбеста)	1,15	1,30	1,47	1,00	1,42	1,26	2,30	1,67
% битумена								

Као што се види из табеле 2, садржај битумена у асфалтном мастиксу и битуменском малтеру је много већи код специјалних асфалтних мешавина него код ливених асфалта и стандардних асфалт-бетона.

Асфалтни мастикс мора да има висок вискозитет и низак коефицијент температурне осетљивости, мора добро да приања уз зрна каменог агрегата, да поседује одређене еластовискозне и вискоеластичне карактеристике, да је постојан на ниским температурама итд. Да би се добио асфалтни мастикс ових карактеристика, асфалтној мешавини се додају одређене компоненте и додаци, а фракција филера мора да има посебне особине.

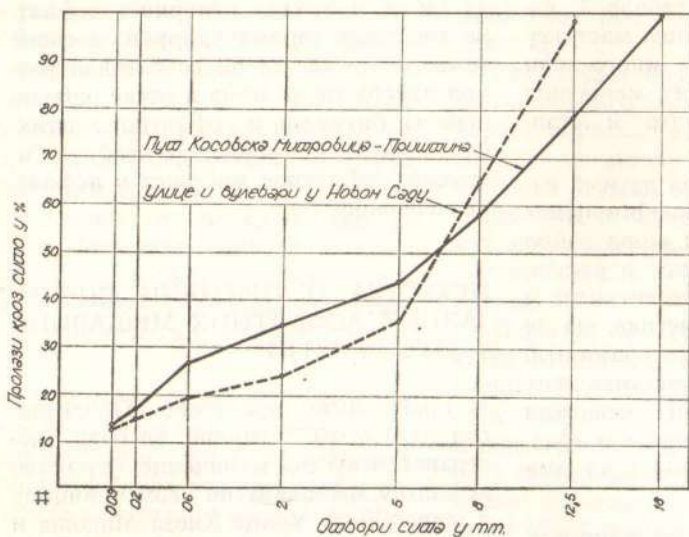
Тако се, кад су у питању мастимак и мастифалт, филеру додаје азбест, и то вероватно у облику азбестног брашна или микроазбеста, а да би садржај битумена у асфалтном мастиксу био висок, додају се и стабилизирајући и хомогенизирајући адитиви, о којима нису дати никакви подаци. Асфалту се додаје адитив под називом PD мешавина који се делимично састоји од полимера, тј. еластомера нерастворљивог у битумену, а делимично (око 30%) од компоненте растворљиве у битумену, која побољшава реолошке карактеристике битумена. Ни о пореклу ових компонената нису дати никакви подаци. Филерска компонента за тапимак се састоји делимично од кречњачког филера, делимично од влакнастог материјала, а делимично од филера који има велику апсорпциону моћ, односно који упија битумен или лакше фракције битумена. Влакнасти материјал побољшава реолошке особине битумена и повећава вискозитет асфалтног мастика, а компонента филера — која има велику апсорпциону моћ — омогућава да се већа количина битумена веже у асфалтном мастиксу. Осим тога, додају се и други додаци да би се повећала прионљивост асфалтног мастика за зрна камене ситнежи, затим

да би се повећала отпорност асфалтне мешавине према удару на ниским температурама, да би се повећао распон између тачке лома и тачке размешавања битумена и асфалтног мастика и побољшале реолошке особине битумена асфалтног мастика и асфалтне мешавине.

ИСКУСТВА О ПРИМЕНИ СПЕЦИЈАЛНИХ АСФАЛТНИХ МЕШАВИНА У ЈУГОСЛАВИЈИ

Грађевинско предузеће „Партизански пут“ је 1972. године, на бази иностраног искуства и лиценце, уградило асфалтну мешавину по овом принципу у једном делу Улице Кнеза Милоша и у Таковској улици, а 1973. године у Цвијићевој улици у Београду. Предузеће „Партизански пут“ није до сада објавило податке о саставу ових мешавина.

Институт за путеве из Београда већ више година истражује могућности примене специјалних асфалтних мешавина. Прва истраживања, како лабораторијска, тако и на терену, извршена су 1971. године. На основу лабораторијских истраживања је установљено да поједине врсте филера повећавају учешће битумена у асфалтним мешавинама и асфалтном мастиксу. Испитивања су показала да азбестни филер „корлаће“ поседује велико стабилизирајуће дејство и да, због садржаја азбестних влакана, побољшава и реолошке особине асфалтног мастика, има већу апсорпциону моћ и упија битумен, односно лакше фракције битумена. Ове карактеристике азбестног филера „корлаће“ утичу на побољшање баш оних особина асфалтног мастика које су значајне за специјалне асфалтне мешавине, односно за добијање скелетног асфалта.



Сл. 10 — Гранулометријски састави минералних мешавина асфалта на путу Косовска Митровица — Приштина и на улицама и булеварима у Новом Саду

Претходним лабораторијским испитивањима утврђено је да минерална мешавина за специјални асфалт треба да у свом саставу садржи:

- филерске фракције до 0,09 mm 13,0%
- пешчане фракције од 0,09 до 2 mm 22,0%
- камена ситнежи 2 до 18 mm 65,0%

Примењен је азбестни филер „корлаће“, груби речни песак „печењевац“ 0,6/2 mm, дробљени песак 0/3 mm „рудница“, камена ситнеж „рудница“ 3/7 mm, племенита камена ситнеж „брвеник“ 8/12,5 mm и племенита камена ситнеж „брвеник“ 12,5/18 mm. Количина битумена у асфалтној мешавини износила је 6,25%, а коришћен је битумен БИТ 50/75 из Ријеке, као и специјални битумен „супербит“ Б 80 који је произвео Кемијски комбинат Хромос-Катран-Кутрилин из Загреба.

Гранулометријски састав минералне мешавине приказан је на дијаграму на слици 10, а неке од особина асфалтне мешавине у табели 3.

Табела 3

Особине асфалтне мешавине

Примењени битумен	БИТ 50/75
Стабилност по Маршалу	860 kp
Течење по Маршалу	3,15 mm
Модул укочености	435 kp/cm ²
Заостале шупљине	3,90%
Запреминска маса	2,31 t/m ³

У грађевинској сезони 1971. године овај тип асфалтне мешавине примењен је као хабајући слој на путу од Косовске Митровице до Приштине. Израђене су три опитне деонице. У току уграђивања није се наилазило на тешкоће, а контролна испитивања узорака из коловозног застора, која је извршио Институт за путеве, дала су задовољавајуће резултате. Опажања су показала да је коловозни застор одлично поднео зимски период 1971/72. године, и зимски период од 1972/73. године.

Однос количине песка, филера и битумена у асфалтном мастиксу ове мешавине је следећи:

— пешчана фракција	52,80%
— филерска фракција	31,20%
— битумен	16,00%

а однос филера према количини битумена је 1,95.

У даљој фази истраживања гранулометријски састав минералне мешавине је потпуно прилагођен мешавинама типа мастифалт, а измене су учињене да би се повећале количине битумена у асфалтном мастиксу и смањио однос количине филера према количини битумена.

Треба истаћи да су ове специјалне мешавине ауторство Института за путеве из Београда па се могу примењивати само уз сагласност и праћење Института за путеве. Међутим, да би се стручна јавност упознала са новинама код нас и свету, што је један од задатака Института за путеве из Београда, стручњаке за путеве треба упознати са основним подацима о особинама, па и о саставу специјалних асфалтних мешавина.

На основу даљег истраживања закључено је да је потребно додати полимер, тј. еластомер. Као најпогоднији еластомер одабран је производ пулватекс (pulvatex), који се добија од природног латекса и на тржишту се појављује у облику праха, што омогућава да се без тешкоћа може додати асфалтној мешавини, и то или директно у мешалицу у најпогоднијем тренутку, или помешан у одређеном односу са филером или пак циклонским прахом, што зависи од врсте асфалтне базе.

Осим тога, додата је и друга компонента, која побољшава проиљивост битумена и асфалтног мастикса за камени агрегат, а утиче и на побољшање осталих карактеристика асфалтних мешавина. Ова компонента је један од температурно најстабилнијих допова, тј. средстава за побољшање приољивости битумена за камени агрегат, који

се на тржишту појављује у облику љуспица под именом Полирам ХО 200 (POLYRAM HO 200). То је полиамин масних киселина, који је због своје особине да се у битумену диспергује а не раствара, најпогоднији при паралелној примени еластомера пулватекса.

Претходним лабораторијским испитивањима утврђен је следећи састав минералне мешавине.

— филерска фракција до 0,09 mm	13%
— пешчана фракција од 0,09 до 2 mm	12%
— камена ситнеж од 2 до 12,5 mm	75%

Примењен је азбестни филер „корлаће“ и дробљени племенити песак „радловац“, као и племенита камена ситнеж „радловац“.

Камени агрегат „радловац“ се показао као врло повољан за специјалне асфалтне мешавине стога што су фракције камене ситнежи и песка врло чисте, без страних примеса, а стандардне мешавине које садрже овај агрегат имају углавном вишу стабилност него мешавине које садрже неке друге врсте агрегата. Специјалне асфалтне мешавине са овим агрегатом имају стога високу стабилност, упркос чињеници да сличне мешавине у Немачкој имају нижу стабилност и нижу вредност модула укочености.

Састав асфалтне мешавине је следећи:

— филер „корлаће“	13,74%
— пулватекс	0,21%
— песак 0/2 mm „радловац“	7,44%
— камена ситнеж „радловац“ 2/5 mm	9,30%
— камена ситнеж 5/8 mm „радловац“	18,60%
— камена ситнеж „радловац“ 8/12,5 mm	43,71%

— битумен БИТ 50/75 Ријека, оплемењена додатком 0,5% полирама	
НО 200	7,00%
	100,00%

Гранулометријски састав минералне мешавине дат је на слици 10.

Количина битумена у асфалтној мешавини износи 7%, а коришћен је битумен рафинерије ИНА — Ријека БИТ 50/75, коме је претходно додато 0,5% допа полирам НО 200. Филеру је додат еластомер пулватекс у количини неопходној да његов проценат — у односу на количину битумена — износи 3%.

Однос количине песка, филера и битумена у асфалтном мастиксу је следећи:

— пешчана фракција	37 0%
— филерска фракција (+ pulvateks)	39,7%
— битумен (+ polugam НО 200)	23,3%

Однос количине филера према количини битумена је 1,70.

Неке особине асфалтне мешавине приказане су у табели 4.

Табела 4

Особине асфалтне мешавине

Стабилност по Маршалу	992 kp
Течење по Маршалу	3,14 mm
Модул укочености	505 kp/cm ²
Заостале шупљине	3,2%
Упијање воде	1,2%
Бубрење после 7 дана	0 0%
Пад стабилности по Маршалу после бубрења	0,0%
Запреминска маса	2,50 p/cm ³

На основу претходних истраживања извршених у лабораторијама Института за путеве, као и контролних испитивања изведених у лабораторијама Завода за истраживања и испитивања Института за путеве из Београда, као и у

Лабораторији Комуналне установе „Нови Сад“ (раније „Пут“) из Новог Сада, у току 1973. године Комунална установа „Нови Сад“ је, под надзором Института за путеве из Београда, уградила веће саобраћајне површине у Новом Саду.

У току 1973. године уграђени су хабајући слојеви од специјалне асфалтне мешавине, скелетног асфалта, названог и термостабилни асфалт, на следећим улицама у Новом Саду:

- На Булевару 23. октобра уграђене су две саобраћајне траке ширине 9 до 11 m, на површини од 15.470 m², у слоју дебљине 4 cm. Уграђено је укупно 1.350 тона асфалтне мешавине. Зауставне траке урађене су од мешавине којој су били додати пулватекс и полирам НО 200, док су остале површине урађене са мешавином којима је био додат само полирам НО 200.
- У Улици Јована Суботића, Милетићевој улици и Улици Ивана Милутиновића уграђена је специјална асфалтна мешавина на површини од 8.960 m², у слоју дебљине 4 cm. Уграђено је укупно 960 тона асфалтне мешавине. У свим мешавинама примењен је доп подирам НО 200, а у неким и пулватекс.
- У Кисачкој улици специјална асфалтна мешавина је уграђена на површини од 14.038 m². Утрошено је укупно 1.447 тона мешавине којој су додати доп и еластомер.

У 1974. години специјална асфалтна мешавина је уграђена у Улици Максима Горког на површини од око 9.000 m², слоја дебљине 4 cm. Укупно је уграђено близу 1.000 тона. Мешавини су додати еластомер и доп.

У 1974. години извршено је и превлачење 12.000 m² саобраћајне површине у Улици Маршала Тита у Новом Саду.

Предвиђа се да се ова специјална асфалтна мешавина угради и у Хајдук-Вельковој улици и у другим улицама у Новом Саду.

Приликом уграђивања ових мешавина није се наишло ни на какве тешкоће: прионљивост слоја за подлогу била је одлична. Ваљање масе је обављено без тешкоћа, а површина асфалтног застора поседовала је очекивану храпавост.

На основу ових и других искустава, донет је закључак да се наставе истраживања на овом пољу у циљу побољшања квалитета ових специјалних асфалтних мешавина.

Даља побољшања огледала би се у следећем:

— Азбестни филер „корлаће“ је због свог великог стабилизирајућег дејства врло погодан за ове мешавине, те се предвиђа његова даља примена у циљу добијања асфалтног мастика повољних реолошких особина.

— Да би се побољшале вискоеластичне и друге реолошке особине асфалтног мастика па према томе и особине специјалних асфалтних мешавина, предвиђа се додавање још једне фракције азбестног материјала 76 К, 71 К и др., које производи Рудник азбеста „Корлаће“. Такође се предвиђа и додатак микроазбеста који Рудник „Корлаће“ има у свом развојном програму. Додатак ових компонената у асфалтној мешавини износио би од 1 до 3% и повећао би количину битумена у асфалтном мастику и битуменском малтеру, тј. смањио би и однос филера и битумена, а побољшао би и реолошке особине асфалтне мешавине.

— Побољшање пешчане компоненте у минералној мешавини састојаће се у томе да се пешчана фракција племените камене ситнежи делимично или у потпуности замени пешчаном фракцијом која се добија прерадом сировине у Каменолому „Корлаће“. Ова пешчана фракција је показала веће упијање лакших фракција битумена него стан-

дардни дробљени песак, а пропуштањем песка кроз бубањ за сушење у асфалтној бази (за време процеса производње асфалтне мешавине) долази до раздвајања азбестних влакана, која такође утичу на побољшање квалитета асфалтних мешавина.

— Еластомер пулватекс је показао позитивне особине у погледу побољшања еластичних карактеристика битумена и битуменског малтера, повећања отпорности асфалтне мешавине на удар при ниским температурама, повећања распона тачке размекшавања и тачке лома битумена и битуменског малтера и побољшања осталих реолошких карактеристика, и то како битуменског малтера и битумена, тако и асфалтног мастика и асфалтне мешавине.

— Полиамин, термостабилни доп полирам НО 200, који поседује велику моћ дисперговања у везиву које садржи еластомер и велику термостабилност, користиће се и даље за побољшање прионљивости битумена, битуменског малтера и асфалтног мастика за камени агрегат, као и за побољшање стабилности и осталих реолошких и структурних карактеристика специјалних асфалтних мешавина.

Ове мешавине уграђиваће се у току 1975. године и очекује се да ће дати одличне резултате.

ЗАКЉУЧАК

Према постојећим југословенским прописима, стандардне асфалтне мешавине на принципу бетона не могу удовољити све већим захтевима који се постављају у погледу асфалтних мешавина које се уграђују на путевима изложеним великим саобраћајним оттерећењима. Ово се посебно односи на булеваре и улице у градовима, на раскрснице и аутобуске станице.

Институт за путеве из Београда је пројектовао специјалне асфалтне ме-

шавине, такозване скелетне мешавине, које је уградило Комунално предузеће „Нови Сад“ на многим булеварима и улицама у Новом Саду. Специјалне асфалтне мешавине имају дисконтинуалан гранулометријски састав минералне мешавине, при чему је племенита ситнеж, која садржи највећи могући проценат најкрупније фракције, обавијена асфалтним мастиксом посебног састава и посебних реолошких карактеристика. Саставу асфалтног мастикса поклоњена је највећа пажња, а за камену ситнеж одабран је најквалитетнији камену агрегат. Асфалтни мастикс се састоји од азбестног филера „корлаће“, племените камене ситнежи, би-

тумена БИТ 50/75 или БИТ 55/50, додатка еластомера пулватекс и допа полирам НО 200. Овакав састав омогућава повољну структуру и реолошке карактеристике асфалтног мастикса. При уграђивању ових специјалних мешавина није се наишло ни на какве тешкоће: прионљивост слоја за подлогу била је одлична, ваљање масе обављало се без тешкоће, а површина асфалтног застора је поседовала очекивану храпавост.

У току су истраживања у вези са побољшањем особина и састава специјалних асфалтних мешавина. У том циљу се уводе нове компоненте које садрже азбестна влакна.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ewers, Heukelom: Die Erhöhung der Viskosität von Bitumen durch Zugabe von Füller. STRASSE UND AUTOBAHN, Heft 2, 1-8 (1964)
- [2] Potschka, Deppe: Asphiphalt ein neuartiges bituminöses Deckschichtmaterial. TEERBAU VEROFFENTLICHUNGEN Nr. 17, 27-34 (1970)
- [3] Reiner, Markus: Building Materials their Elasticity and Inelasticity. North-Holland Publ. Comp. Amsterdam 1954
- [4] Ruck, Rudi: Stand und untersuchungen von Füllern und Füller-Bitumen Gemischen in In und Ausland. BITUMEN 24, Heft 9, 226-238 (1962)
- [5] Светел, Душан: Утицај филера и пунила на особине асфалтних мешавина. Семинар Института за путеве Београд 1-36 (1974)
- [6] Zichner: Mastimac und Mastiphalt, bituminöse Gemische für hochwertige Deckschichten. STRABAG SCHRIFTENREIHE 8, Folge 4, 555-571 (1972)

Мр Александар ЦВЕТАНОВИЋ, дипл. инж.

Сабијање асфалтних коловоза

Увод

Потребно је уложити много труда и знања да би се добио квалитетан асфалтни коловоз. Сам по себи комплексан, процес пројектовања, производње и уграђивања асфалтних мешавина је развојем савремене технологије створио лажну представу о свемоћности аутоматике и механизације. Колика је улога људског фактора приликом грађења асфалтних коловоза најбоље ће се видети из овог чланка, у коме је обрађен проблем сабијања асфалтних коловоза, а изложени су и параметри који утичу на сабијање асфалтних коловоза, са поступком за правилну израду спојева асфалтних коловозних застора.

Сабијеност

Упоређењем резултата запреминских тежина узорака извађених из асфалтног коловоза и узорака припремљених у лабораторији може се оцени-ти сабијеност асфалтних коловоза.

Максимална запреминска тежина која је добијена рачунски представља агрегат и битумен сабијен до граничне густине без шупљина, тј. 100% сабије-ну асфалтну мешавину. У суштини, ла-

бораторијска сабијеност од 95% еквивалентна је 92% максималној запреминској тежини добијеној рачунски.

Поједини стручњаци сматрају да асфалтна маса мора бити сабијена до одговарајуће, унапред дефинисане лабораторијске запреминске тежине, док други употребљавају теоријску сабијеност као границу сабијености. На слици 1 приказана је крива тока сабијања асфалтне масе (почетно, средње, завршно и накнадно сабијање) у функцији од пружања отпора сабијању.

Мада не постоје одређени захтеви у погледу затворености површине коловоза, позната је чињеница да су затворенији коловози у саобраћају отпорнији него коловози са високим процентом шупљина. Асфалтне мешавине са великим процентом шупљина, на пример, са око 8%, дозвољавају „дисање“ коловоза, што омогућава оксидацију битумена и штетно дејство воде и мраза на коловоз.

Оксидациони процеси у приличној мери потпомажу низак садржај битумена у асфалтној маси, велики проценат шупљина у минералном агрегату и меки апсорпциони агрегати. На крају треба нагласити да је добро сабијена мешавина знатно отпорнија на дејство напона на затезање, притисак, смица-



Сл. 1 — Однос различитих фаза сабијања и отпора сабијања

ње и чупање агрегата из коловоза, а истовремено стабилнија и отпорнија на продирање прљавштине и ваздуха.

Утицај квалитета материјала на сабијеност коловоза

Приликом пројектовања асфалтних мешавина треба тежити ка примени најквалитетнијих материјала. Међутим, због економичности примене локалних материјала, често се мора одступити од прокламованих принципа. Да би се отклонила опасност од неугодних изненађења, у таквим случајевима се морају обавити потребна испитивања ради утврђивања квалитета локалних материјала.

Камени агрегат

Квалитет каменог агрегата се углавном одређује испитивањима у лабораторији. Међутим, чак и када је утврђено да је квалитет каменог агрегата добар, могу се појавити и проблеми због његове униформности. Овај податак није могуће увек добити у лабораторији већ га треба утврдити на лицу места визуелним посматрањем депонија материјала.

Камено брашно

Врста и количина каменог брашна (филера) у асфалтној мешавини имају велики утицај на сабијеност и квалитет асфалтних коловоза. На пример, креч употребљен као камено брашно повећава адхезивност битумена за агрегат, али, и поред тога, његова употреба је скоро занемарљива. У принципу, употребом каменог брашна повећава се вискозност битумена, што мешавину чини стабилнијом и отпорнијом на дејство температуре. Правило је да проценат каменог брашна (филера), који пролази кроз сито отвора 0,074 mm, никада не прелази проценат битумена у мешавини.

Битумен

Добро пројектована асфалтна мешавина, која садржи одговарајућу врсту битумена, увек ће се добро сабити. Међутим, често се заборавља да различите мешавине, а посебно мешавине са различитим врстама битумена, захтевају и одговарајућу температуру да би се могле најефикасније сабити. На пример, мешавине са великим процентом ситних честица агрегата, нарочито оних који пролазе кроз сито отвора 0,074 mm, захтевају већу температуру при сабијању од крупнозрнастих мешавина, као што су, на пример, асфалтне мешавине за везне слојеве. Битумени мале пенетрације или велике вискозности захтевају већу температуру при уграђивању од битумена високе пенетрације или мале вискозности.

Пројектовање асфалтних мешавина

Пројектовање асфалтних мешавина обухвата избор и одређивање учешћа појединих основних компонената ради добијања квалитетног асфалтног коловоза. Задатак пројектовања је знатно олакшан кад се располаже каменим

агрегатима високе униформности и минималне сегрегације. Поделом агрегата на фракције омогућава се лакше праћење асфалтних мешавина, а постиже се и знатно бољи квалитет коловоза. Исто тако, количина битумена у пројектованој мешавини, поред великог значаја за трајност асфалтних коловоза, утиче и на резултате сабијања асфалтних коловоза.

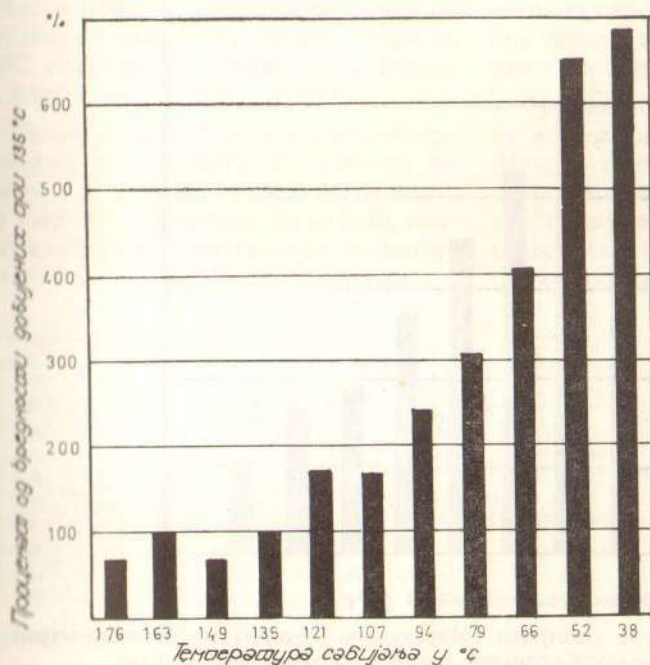
Влажност

Влажност је познати непријатељ асфалтних коловоза јер смањује стабилност и трајност коловоза. При употреби еруптивних (чврстих) агрегата влажност се може појавити једино у асфалтној мешавини. Кад се употребљавају мекани или апсорбујући агрегати, влажност се може појавити и у зрнима самог агрегата. Ова појава је знатно уочљивија код крупнозрнастих порозних агрегата, као што су шљака или мехурасти базалт.

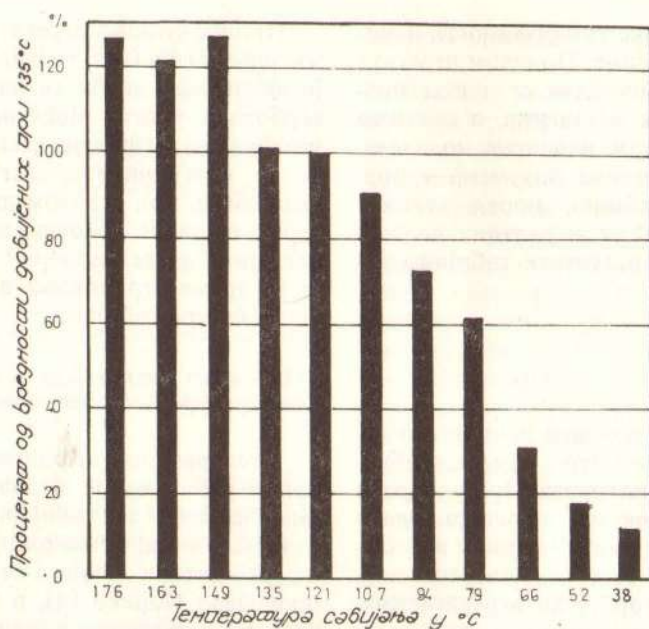
Процес сушења агрегата у току производње асфалтне мешавине понекад је недовољан да би се одстранила апсорбована улога. Међутим, приликом уграђивања асфалтне мешавине могуће је одстранити извесан проценат влажности, под условом да је температура мешавине довољно висока. Треба настојати да се влажност одстрани да се за време уграђивања не би јављале тешкоће при сабијању.

Температура асфалтне мешавине

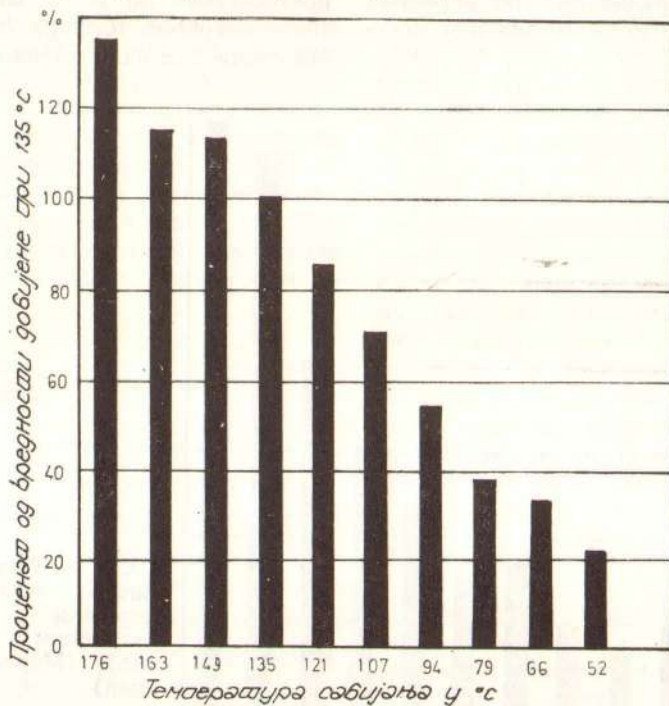
Температура асфалтне мешавине при уграђивању је вероватно најважнији фактор за сабијање асфалтних слојева. Утицај температуре на сабијање асфалтних слојева интензивно је проучавао Паркер [4], а та своја проучавања илустровао је делом и на дијаграмима (слика 2 до 5). Он је пошао од претпоставке да је за сабијеност од 100% потребна температура од 135°C. На слици 2 се види колико се мало по-



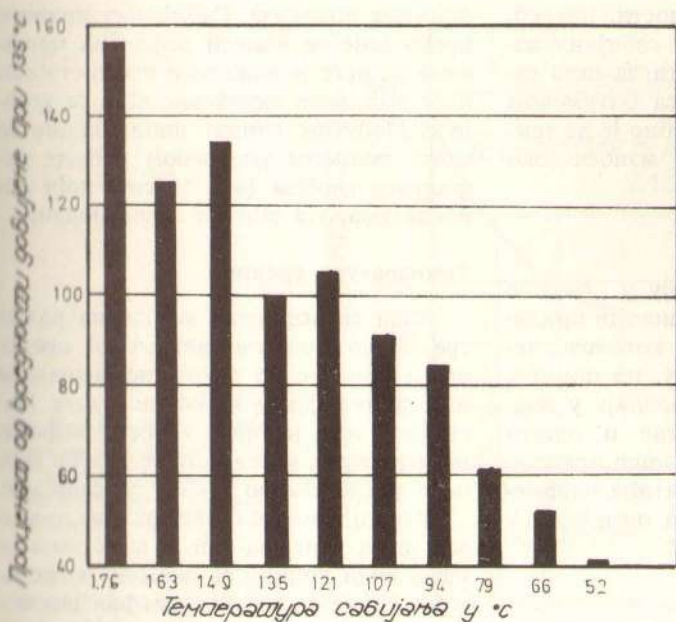
Сл. 2 — Утицај температуре сабијања на шупљине у асфалтно-бетонском хабајућем слоју (Маршалова метода)



Сл. 3 — Утицај температуре сабијања на стабилност асфалтнобетонског хабајућег слоја одређену по Маршаловој методи



Сл. 4 — Утицај температуре сабијања (Маршалова метода) на кохезиометријску вредност асфалтнобетонског слоја по Нвеет-овој методи



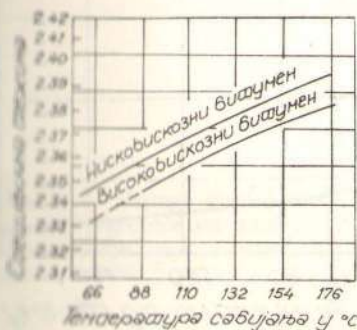
Сл. 5 — Утицај температуре сабијања (Маршалова метода) на кохезиометријску вредност асфалтнобетонског везног слоја по Нвеет-овој методи

већава сабијеност ако је температура асфалтне мешавине већа од 135°C. Међутим, сабијеност знатно опада ако се сабијање обавља при нижим температурама, на пример, при температури од 66°C шупљине у асфалтном коловозу се повећавају за више од 400%.

Температура утиче и на остале карактеристике асфалта. На пример, на слици 3 је приказано како стабилност, по Маршаловој методи (Marshall), опада са смањењем температуре приликом сабијања. Ако је температура при са-

бијању већа од 135°C, јавља се извесно повећање стабилности, али је знатно евидентније опадање стабилности у случајевима када се сабијање обавља при нижим температурама, а нарочито при температурама испод 90°C.

На слици 4 и 5 приказане су промене стабилности у односу на Хвимоу (Hveem) стабилнометарску и кохезиометарску вредност. На слици 6 се може видети утицај вискозности битумена на ефекат сабијања. Да би се постигла запреминска тежина од 2,36 t по 1 m³ са



Нисковискозни битумен
пенетрација на 25°C 94
вискозност на 135°C 120 сек, SF
Висковискозни битумен
пенетрација на 25°C 92
вискозност на 135°C 230 сек, SF
Hvim-Компактор
150 сабијања са 35 кр/см²

Сл. 6 Утицај вискозности битумена на сабијање

битуменом ниске вискозности, потребно је да температура при сабијању износи 116°C . Да би се постигла иста сабијеност асфалтне масе са битуменом високе вискозности, потребно је да температура при сабијању износи око 154°C .

Спољни услови

Параметре који спадају у „спољне услове“, а који су увек присутни приликом извођења асфалтних коловоза, тешко је дефинисати. То су, на пример, сложеност утицаја који владају у подлози, температура средине и општи временски услови. Услед лоше процене ових, на први поглед небитних параметара, могу настати знатна оштећења у коловозној конструкцији.

Утицај подлоге

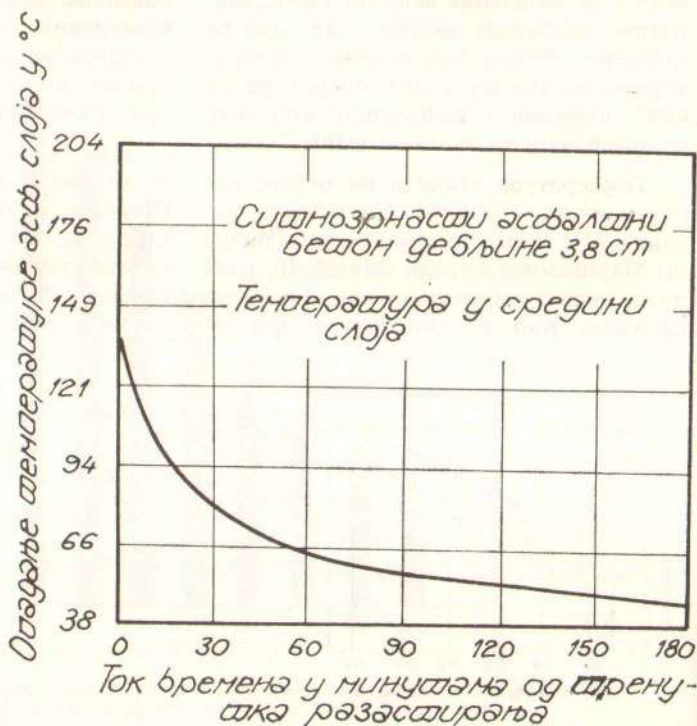
Стање и услови који владају у подлози директно утичу на сабијање ас-

фалтних коловоза. Сабијеност подлоге преко које се наноси асфалтна мешавина од исте је важности као и стабилност асфалтне мешавине која се уграђује. Међутим, утицај лоше подлоге се може смањити употребом дебљих асфалтних слојева (око 10 cm), који до некле умањују ефекат лоше подлоге.

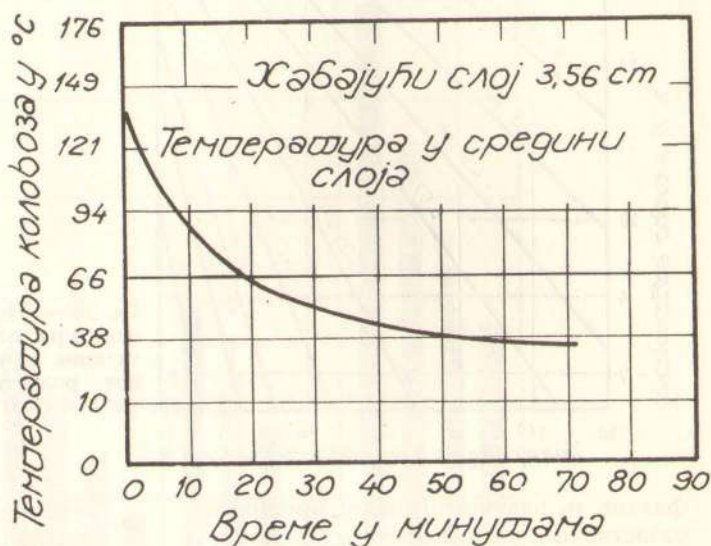
Температура средине

Када се асфалтна мешавина разастре преко подлоге, долази до преношења топлоте из загрејане мешавине на хладну подлогу и околни ваздух. Последица тога је брже хлађење асфалтне мешавине, услед чега се знатно смањује расположиво време за сабијање.

Утицај температурне средине приказан је на сликама 7 и 8, на којима се јасно види колико се смањује расположиво време за сабијање асфалтних коловоза. Интересантно је истаћи колики је утицај температуре околине на расположиво време за сабијање асфалтне



Сл. 7 — Хлађење асфалтнобетонске масе приликом разасирања при температури околине 30°C



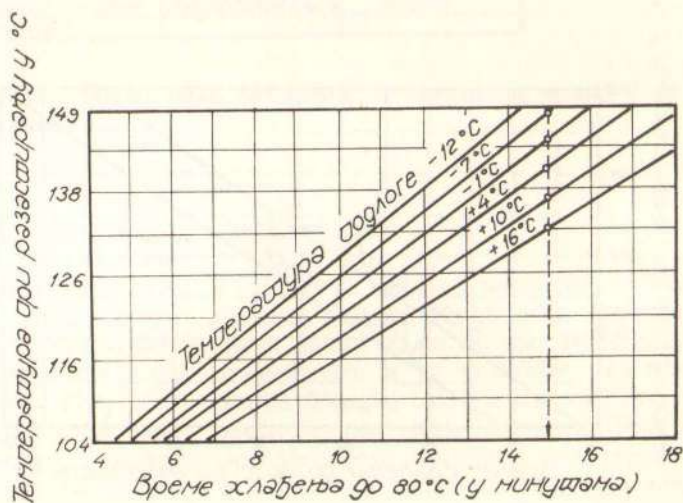
Сл. 8 — Хлађење асфалтнобетонске масе при разастирању, када је температура околине 45 до 10° С

мешавине. Уколико је температура око-
лине око 10°C , онда је сабијање, при
температури масе од 120°C , потребно
извршити двоструко брже (око 3 до 4
минута) него при температури околине
од 30°C (око 6 до 8 минута).

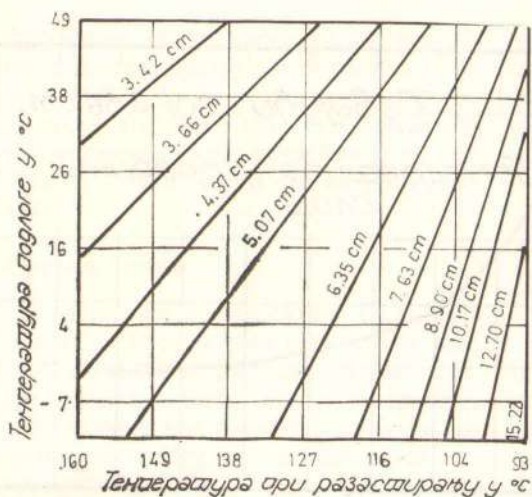
На слици 9 је приказан утицај различитих температура подлоге на хлађење асфалтног застора дебљине 5 cm. Јасно је да се температура асфалтне

мешавине која се разастире мора повећати ако температура подлоге опада да би се добио исти временски интервал потребан за сабијање. Многобројна испитивања су показала да је у случајевима када се температура асфалтне мешавине спусти испод 80°C ефекат сабијања мали.

На слици 10 приказан је утицај температуре подлоге на температуру ас-



Са. 9 — Утицај температуре подлоге на хлађење асфалтног застора дебљине 5 см



Сл. 10 — Потребна температура асфалтне мешавине приликом њеног разастирања при различитим условима

фалтне мешавине потребну приликом разастирања, у зависности од дебљине застора, за случај да је асфалтној маси потребно 15 минута да се охлади до 80°C. Јасно се види да при нижим температурама подлоге треба радити са већом температуром асфалтне мешавине или у дебљим слојевима.

На основу резултата испитивања утврђено је:

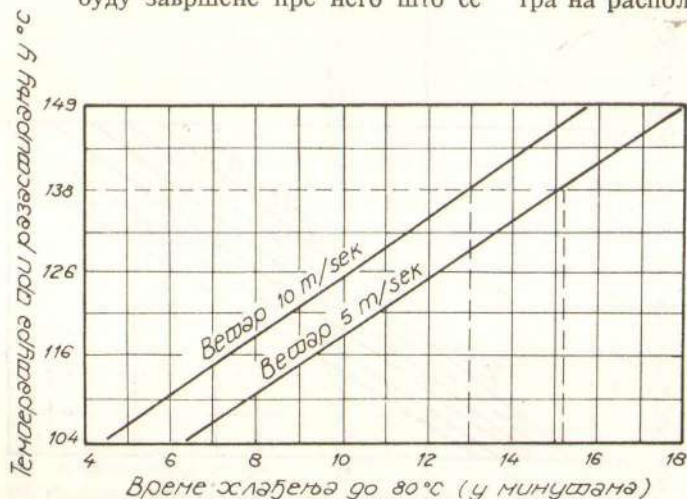
- да идеална температура за почетно сабијање у конкретном случају износи 135°C;
- да све фазе сабијања треба да буду завршене пре него што се

температура застора спусти испод 80°C;

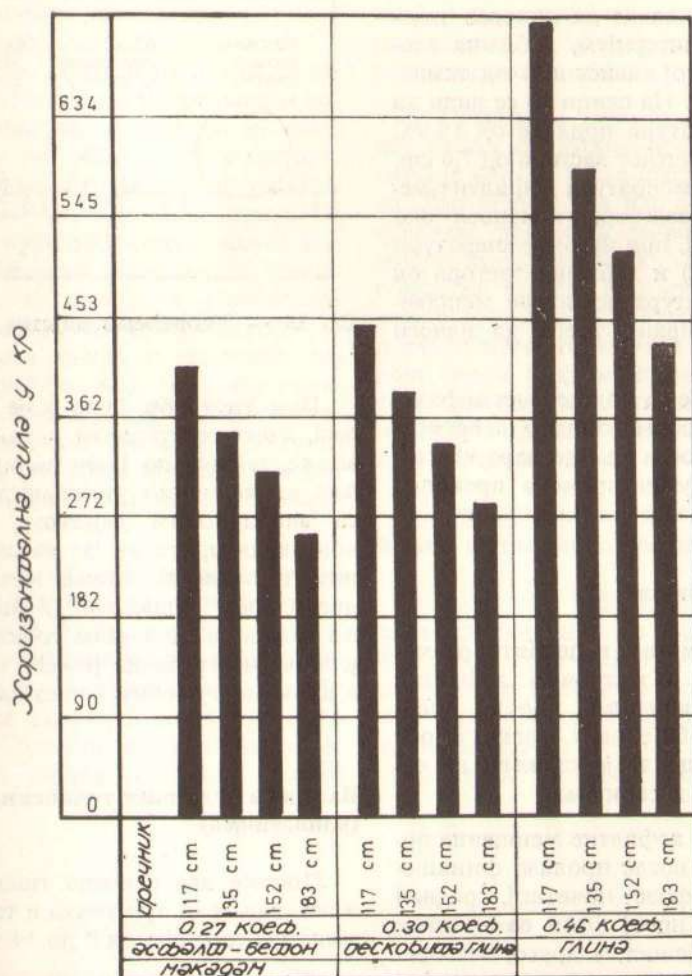
- да временски интервал између разастирања и сабијања треба да износи, у просеку, око 16 минута, и
- да су искуства показала да је тешко сабити асфалтни застор у току првих 8 минута.

Брзина ветра је следећи важан фактор који утиче на температуру средине.

На слици 11 је приказан утицај ветра на расположиво време хлађења ас-



Сл. 11 — Утицај ветра при изради застора дебљине 5 cm на подлози температуре 10°C



Са. 12 — Упоређење хоризонталних сила потребних за покретање ваљка у хоризонталном правцу

фалтног застора од 80°C , при температури подлоге од 10°C и дебелини застора 5 см. На пример, ако је температура асфалтне мешавине при разастирању 138°C , а јачина ветра 10 м/сек, биће потребно свега 13 минута да би се мешавина охладила до 80°C . При истој температури разастирања, а при јачини ветра од 5 м/сек, расположиво време за сабијање износи око 16 минута.

Дебелина слоја

Дуго је владало мишљење да што је слој разврстне асфалтне мешавине тањи лакше га је сабити. То је данас оповргнуто, и то углавном радовима Бигла (Beagle) [5]. У принципу, дебелина асфалтног слоја је у тесној вези са максималном величином зрна агрегата у асфалтној мешавини. Међутим, пола-

зећи од претпоставке да коловоз задовољава овај критеријум, дебљина слоја је у директној зависности од температуре средине. На слици 10 се види да је, при температури подлоге од $15,5^{\circ}\text{C}$ и дебљини асфалтног застора од 7,6 cm, потребно да температура асфалтне мешавине при разастирању износи око 110°C . Међутим, при истој температури подлоге ($15,5^{\circ}\text{C}$) и дебљини застора од 3,8 cm температура асфалтне мешавине при разастирању треба да износи око 157°C .

Очигледно је да код дебљих асфалтних застора постоје знатно веће временске могућности за одговарајуће сабијање, због дужег времена преношења топлоте са застора на подлогу.

Средства за сабијање

У овом излагању неће бити разматран проблем разастирања асфалтне мешавине финишерима, као ни проблем почетне сабијености везане за ову фазу рада. Акценат је стављен на сабијање и на фазе сабијања.

Са ваљањем асфалтне мешавине почиње се одмах после пролаза финишера, и то у три фазе: почетној, средњој и завршној. У првој фази се постиже захтевана сабијеност, у другој затвореност површине коловоза, а у трећој обезбеђује завршна равност, тј. ствара се потпуно равна површина, без трагова пролаза ваљка из претходних фаза.

Сабијање се обавља ваљцима са челичним точковима, затим ваљцима са гуменим точковима, ваљцима са вибрационим дејством и ваљцима са комбинованим дејством.

Ваљци са челичним точковима (наплатцима) могу се применити у свим фазама сабијања. Ваљци са гуменим точковима користе се углавном у средњој или почетној фази сабијања, а ваљци са вибрационим дејством само у средњој фази.



Сл. 13 — Упоређење дејства ваљака

При употреби било које врсте ваљка, мора се утврдити укупна тежина ваљка, тежина по 1 cm ширине (за ваљке са челичним точковима и ваљке са вибрационим дејством), просечан контактни притисак (за ваљке са гуменим точковима), стање механизма и прецизност управљања. Брзина кретања ваљка са челичним точковима при ваљању не треба да је већа од 5 km/ч , а ваљка са гуменим точковима 8 km/ч .

Ваљци са челичним точковима (наплатцима)

Постоје два основна типа ових ваљака: ваљак са три точка и тандем. Тежина им се креће од 3 до 14 тона.

При избору ваљка са којима ће се обављати сабијање предност увек имају ваљци са точком већег пречника. Смањење пречника точка доводи до померања, гурања и неравномерног сабијања асфалтних мешавина.

На слици 12 се види да једино повећање пречника ваљка смањује хоризонталну силу потребну за покретање ваљка у хоризонталном правцу. Испитивања су показала да би се 15% времена при ваљању могло уштедети употребом већих ваљака (точкова пречника 180 cm). Главна предност великих ваљака је што елиминишу бочна померања асфалтне мешавине.

Ваљци са гуменим точковима

Постоје два основна типа ових ваљака: са малим и великим пречником точкова. Тежина им је од 5 до 35 тона, расподељује се, зависно од конструктивног решења, на два до 8 точкова напред и на 4 до 8 точкова назад. Са повећањем пречника точка, ваљак може боље обављати сабијање, не проузрокујући бочна померања. Најбитнија карактеристика ове врсте ваљака је што сабијање обављају гњечећи асфалтну мешавину. Код ове врсте ваљака може се подешавати контактна површина променом притиска у пнеуматику (слика 13). Исти ефекат се може постићи променом оптерећења на ваљку.

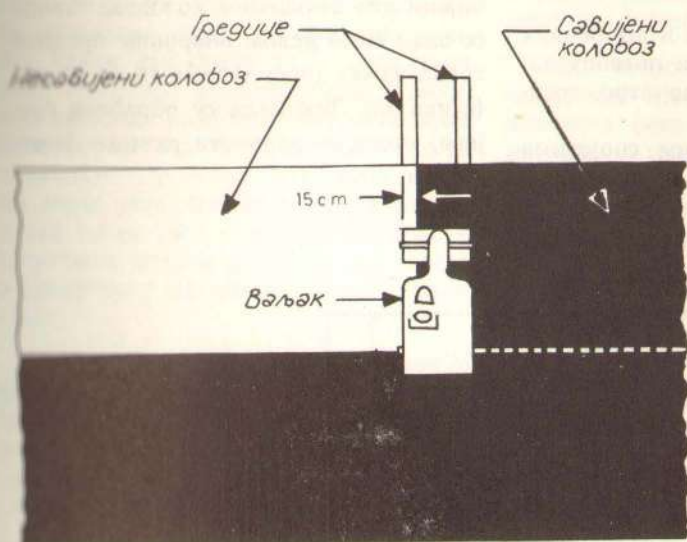
Постоје многа противуречна мишљења о предностима пнеуматских и челичних ваљака. Неки верују да постоји сувише много компонената које се морају обухватити приликом употребе пнеуматских ваљака и да је због тога употреба челичних ваљака много је једноставнија. Поред тога, при високој

температури асфалтне масе код челичних ваљака не долази до чупања зрна из застора који се ваља.

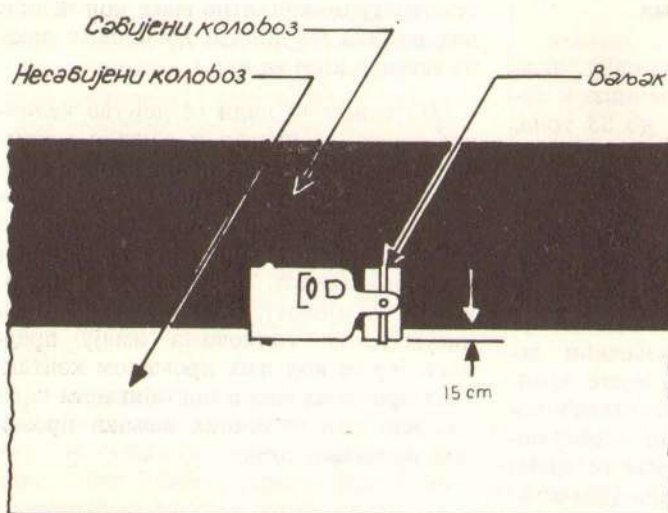
На слици 13 види се дејство челичног ваљка на застор и ефекат декомпресије који се јавља испред точка ваљка. Као што је већ напоменуто, са повећањем пречника точка смањује се дејство хоризонталних сила, које, поред стварања таласа, проузрокују и недовољну сабијеност. Због тога ваљци са пнеуматским точковима имају предност, јер се код њих променом контактне притиска може постићи исти ефекат као код челичних ваљака променом пречника точка.

Ваљци са вибрационим дејством

Ваљци са вибрационим дејством праве се са једним до два глатка челична точка пречника од 90 до 150 cm и ширине предњег точка од 120 до 160 cm. При статичком дејству имају тежину од 1,5 до 11 тона. Могу се употребљавати за набијање било какве



Сл. 14 — Ваљање слоја коловоза у попречном смислу



Сл. 15 — Ваљање слоја коловоза у подужном смислу

асфалтне мешавине. Испитивања су показала да је ефекат ваљка са вибрационим дејством од 7 до 8 тона исти као и ефекат тандем-ваљка са гуменим точковима. Међутим, искуства у примени ваљака са вибрационим дејством на сабијању асфалтних мешавина нису још довољна да би се о њима могао дати коначан суд.

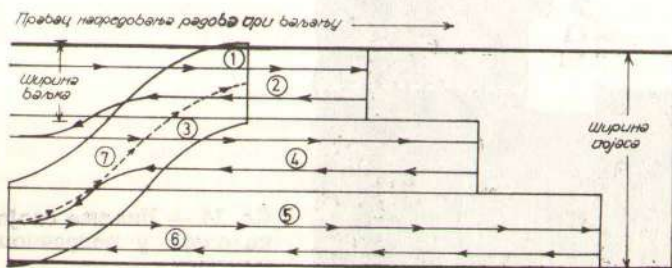
Ваљање спојева асфалтних застора

При ваљању подужних и попречних спојева асфалтних застора посебну пажњу треба обратити на почетно, средње и завршно ваљање.

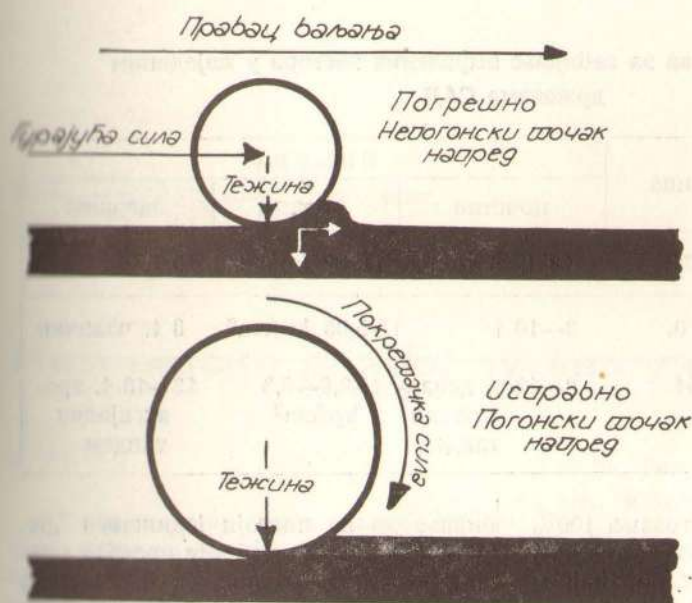
Сабијање на попречним спојевима се даље обавља ваљцима са челичним

точковима, с тим што се несабијени део асфалтног коловоза ваља само делом површине предњег точка ваљка (преклапање од 15 до 20 cm). Да би се при том избегло деформисање ивице коловоза, постављају се гредице истих висина као дебљина асфалтног застора, и то управо на правцу осовине пута (слика 14).

При изради подужних спојева, несабијени део асфалтног коловоза такође се ваља само делом површине предњег точка ваљка (преклапање 15 до 20 cm) (слика 15). Тек када су обрађени спојеви, може се започети ваљање финишером.



Сл. 16 — Пример исправног поступка ваљања



Сл. 17 — Силе које делују када је напред предњи или задњи точак ваљка

Фазе сабијања

Почетно сабијање најбоље се обавља ваљцима челичних точкова, чија тежина зависи од температуре, дебљине слоја и стабилности асфалтне мешавине. У принципу, тежина ваљка се креће од 10 до 12 тона. Ваљање се обавља од спољашње, ниже ивице ка унутрашњој иници. На слици 15 је приказано како треба да се креће ваљак приликом сабијања разастрте асфалтне масе финишером. При сабијању ваљцима са челичним точковима операција ваљања мора увек почети тако да покретачки точак буде у правцу ваљања. У супротном долази до стварања таласа и оштећења у тек сабијеном асфалтном слоју.

Средње сабијање се обавља док је асфалтна мешавина још увек топла, и те ваљцима са гуменим точковима, који имају следеће предности:

- дају знатно хомогенију сабијеност од ваљака са челичним точковима,

- затварају површину коловоза, и
- оријентишу зрна агрегата у асфалтној маси у правцу постизања највеће стабилности.

У суштини, помоћу ваљка са гуменим точковима не постиже се већа сабијеност коловоза, али се зато знатно повећава његова стабилност.

Циљ завршног сабијања је само да се дотера површина још увек топлог коловоза (мин 80°C). Често је тешко направити границу између средњег и завршног сабијања које се најбоље обавља двоосовинским и троосовинским тандем-ваљцима.

Примери гарнитура за ваљање у појединим државама САД дати су у табели 1.

Сабијање коловоза се обавља у две фазе. У првој фази, док је мешавина још увек топла, сабијање се обавља механичким путем — до постизања 95% или 97% запреминске тежине у односу на лабораторијску запреминску тежи-

Табела 1.

Гарнитура средстава за сабијање асфалтних застора у појединим државама САД

Држава	Година	Ваљање		
		почетно	средње	завршно
Калифорнија	1971.	12 t, 3 точка	П-4,2 кр/см ²	10 t. челични
Мичиген	1970.	8—10 t	П-5,95 кр/см ²	8 t. челични
Јужна Каролина	1964.	8—12 t, двоаксијални тандем	П-2,8—6,3 кр/см ²	12—18 t. троаксијални тандем

ну. У другој фази, до постозања 100% од лабораторијске запреминске тежине, сабијање се под дејством саобраћаја и локалних услова обавља у току 2 до 4 године. У међувремену, отпори сабијању и очвршћавању асфалта могу да буду тако велики да саобраћај не може да сабије асфалтну масу до 100% лабораторијске запреминске тежине.

Евидентно је на основу до сада изложених параметара који утичу на са-

бијање да не постоји јединствен „рецепт“ о потребном броју прелаза ваљком, већ да само постоји јединствена методологија приступа комплексном проблему изучавања оптималне сабијености и равности асфалтних коловоза. Занемаривање утицаја било којег од наведених параметара било би адекватно учињеном пропусту у пројектовању и справљању асфалтних мешавина.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Compaction of Asphalt Pavements. HRB 131/1972
- [2] Asphalt Technology and Construction. The Asphalt Institute 1971
- [3] Highway Engineering, C.A. O'Flaherty, 1974, година
- [4] Parker, C.F.: Steel-Tired Rollers. HRB 246/1960
- [5] Beagle C.W.: Compaction of Deep Lift Bituminous Stabilized Base. AAPT 35/1966

Миодраг ЈОВАНОВИЋ, дипл. инж.

Историјски развој путева у Србији

1. УВОД

Познавање историјског развоја грађења путева веома је значајно за све оне који се данас баве проблемима путне технике, јер олакшава да се схвате значај и важност путева за развој саобраћаја сваке земље, па и наше, а омогућује да се сагледају и огромни напори који се данас чине за даљи развој путноградње и још ширу примену науке у области грађења путева.

Пошто је познавање историјског развоја грађења путева основни предуслов за сваког стручњака који ради на развијању и усавршавању путне мреже, у овом кратком излагању биће приказан развој грађења путева у Србији, и то од времена Римљана до краја другог светског рата.

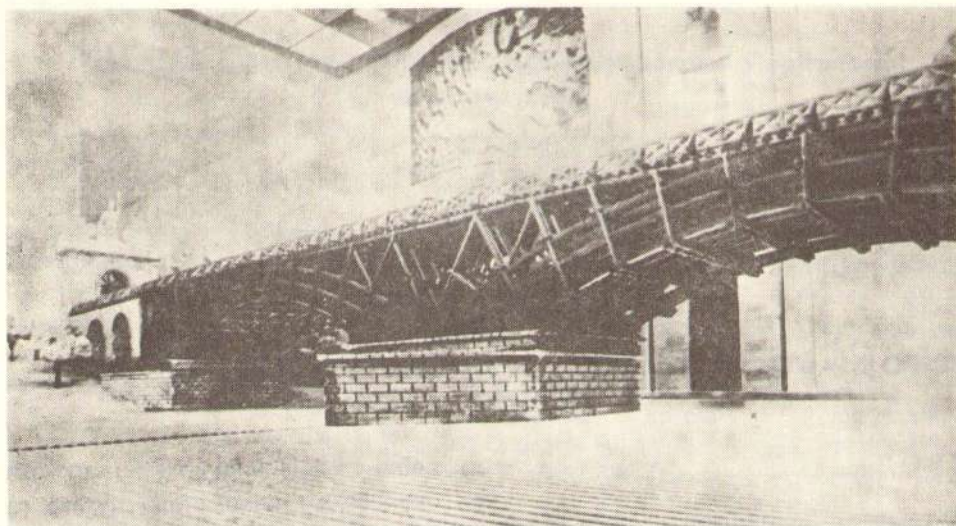
2. РИМСКИ ПУТЕВИ

Изрека „Сви путеви воде у Рим“ некада је представљала стварност. У центру Рима, на Форуму, био је почетни нивоонаказ (римски миљонаказ = 1480 m), одакле су полазили сви путеви и мрежа одстојања и дужине свих путева Римске Империје.

Прва поузданија сазнања о путевима потичу из древног Рима. На врхун-

цу моћи, Рим је био повезан мрежом од око 300.000 километара путева са свим већим покрајинама и градовима Империје. Ова разграната мрежа путева имала је вишеструки значај. У ратним периодима служила је освајачким циљевима за проширење Империје, а у миру за лакшу експлоатацију рудних и осталих богатстава покорених земаља.

Сви путеви били су солидно изграђени. Градили су их легионари, робови и становништво, под надзором војних инжењера и инжењеријских јединица. На основу испитивања остатака римских путева може се закључити да им је површина била попличана, а са стране су били уграђени канали за одводњавање, такође обложени каменим плочама. Важније раскрснице биле су заштићене утврђењима — каштелима. На растојањима од 8 до 10 km налазиле су се поштанске станице, места за одмарања, замену кола и запрега, што је омогућавало обављање поштанске службе и повезивање појединих делова огромног пространства Римског царства. Од писаних докумената о мрежи римских путева, данас у Бечком музеју



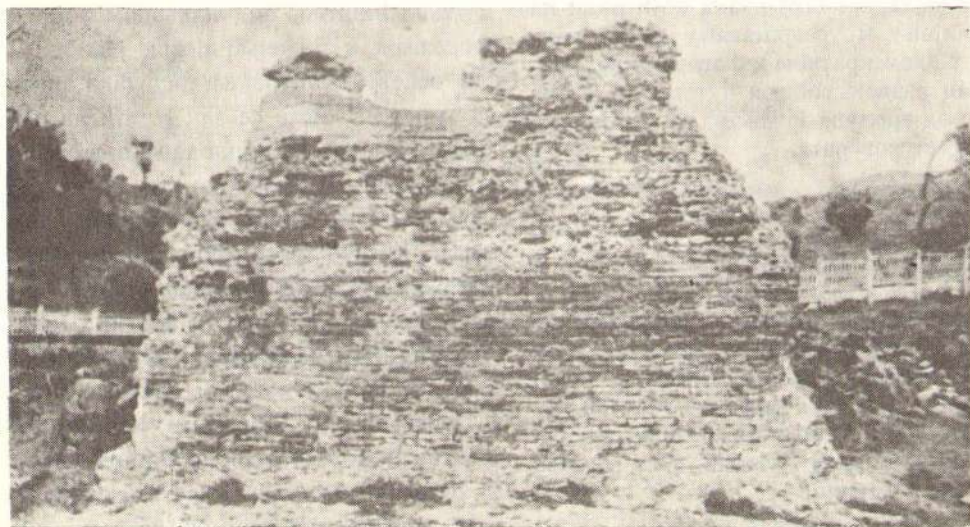
Сл. 1 — Трајанов мост преко Дунава код Турн — Северина (реконструкција)

постоји копија мапе из 1265 године, под називом „Tabula Peutingerana”.

Од важнијих римских путева које су Словени затекли на подручју Балканског полуострва треба поменути пут који је од Београда, преко Ниша и Софије, водио у Цариград — „Via Militaris”, затим Моравско-вардарски пут и, најпознатији, „Via Aegnatia”. Овај пут представља наставак римског пута „Via

Aria”, који је полазио од Рима па преко Бриндизија морем излазио на Драч. Од Драча је као „Via Aegnatia” ишао преко Охрида, Битоља и Солуна и завршавао се у Цариграду.

На подручју данашње територије наше земље, поред поменутих римских путева постојала је развијена мрежа путева дуж обале Јадранског мора, као и пут долином реке Саве — од Љуб-



Сл. 2 — Остаци стуба Трајановог моста преко Дунава код Турн-Северина

љане, преко Сиска и Београда, десном обалом реке Дунава, до Понта (капте-ла код Кладова), где се налазио дивни Трајанов мост за прелаз на другу обалу Дунава.

Постојала је и мрежа попречних ве-за — путева који су спајали јадранску обалу са пространим долинама Саве и Дунава.

3. СРЕДЊОВЕКОВНИ ПУТЕВИ

Период од распада Римске Импе-рије до стварања првих држава у цен-тралном делу Балканског полуострва био је карактеристичан по великој се-оби народа и надирању словенских пле-мена на Балканско полуострво. У том периоду велики део путева био је раз-орен. У новим историјско-економским условима почели су да се стварају нови путеви, карактеристични за период од следећих неколико векова. Међутим, може се слободно рећи да је у средњо-вековној Србији основна путна мрежа била базирана на очуваним деловима разорених римских путева.

Развијање трговине између итали-јанских република и Балканског полу-острва наметнуло је потребу изградње нових путева. Млечи, који су владали обалом Јадранског мора, преко посред-ничких градова Дубровника, Котора, Бара и др. продавали су своју робу или су је мењали за ону робу која им је била потребна. Треба истаћи да се у периоду наглог развоја Дубровачке републике у Дубровнику развија јака индустрија, која је углавном снабдева-ла средњовековне српске државе разно-врсном робом. Највише су се куповали ко и чоја, као и разни скуповени бо-јеви материјали, које су Дубровчани често поклањали словенским владари-ма. Поред тога, трговало се сребрним и златним накитом, разним врстама оружја, коњском опремом, посуђем, стаклом, мирисима, зачинима, јужним вином, уљем, слаткишима и вином, ко-

је је преношено у кожним мешинама. Из босанских и српских држава нај-више су се извозиле коже лисица, ву-кова, срна, куна и зечева, затим мед, восак, сир, непречишћени метали и гра-ђа. Роба је плаћана кованим новцем, али је често била заступљена грамп (размена) робе. Тако, на пример, у је-дној повељи манастира Жиче неки Ду-бровчанин за коња даје 16 рифа тка-нине. Често се вршила размена крзна за већу количину сира, и сл.

Размена добара обављала се само теглећом марвом, која је служила за преношење робе из приморских градо-ва у продајне центре средњовековних српских држава.

У погледу општих праваца и смеро-ва, средњовековни путеви могу се свр-стати у две групе. Прва група путева полазила је из приморских градова Ду-бровника, Котора и Бара, затим од ушћа реке Неретве, Бојане и Дрима и, правцем ка северу и североистоку, по-везивала јадранску обалу са најважни-јим градовима дуж Цариградског пута и са пристаништима на Сави и Дунаву. Друга група путева пружала се у прав-цу југоисток—северозапад. Ови путеви највише су служили турским освајачи-ма у периоду ратова за ширење ка бо-санским државама на запад и српским државама на север.

3.1. Каравански путеви

Трговина се није обављала колима и колским транспортом, као за време Римљана, већ караванима, тако да је створена мрежа караванских путева. Сваки караван имао је свог вођу, који је био одговоран за безбедност тран-спорта робе и каравана уопште. Ради заштите караванског транспорта, поред путева су постојала села — страже (за време турске владавине деревенска се-ла), која су штитила караване, и то или давањем оружане пратње, или обаве-

штавањем каравана о разним опасностима којима би могли да буду изложени. Поред караванских путева постојала су места — станице — за одмор, ноћење, промену коња и др.

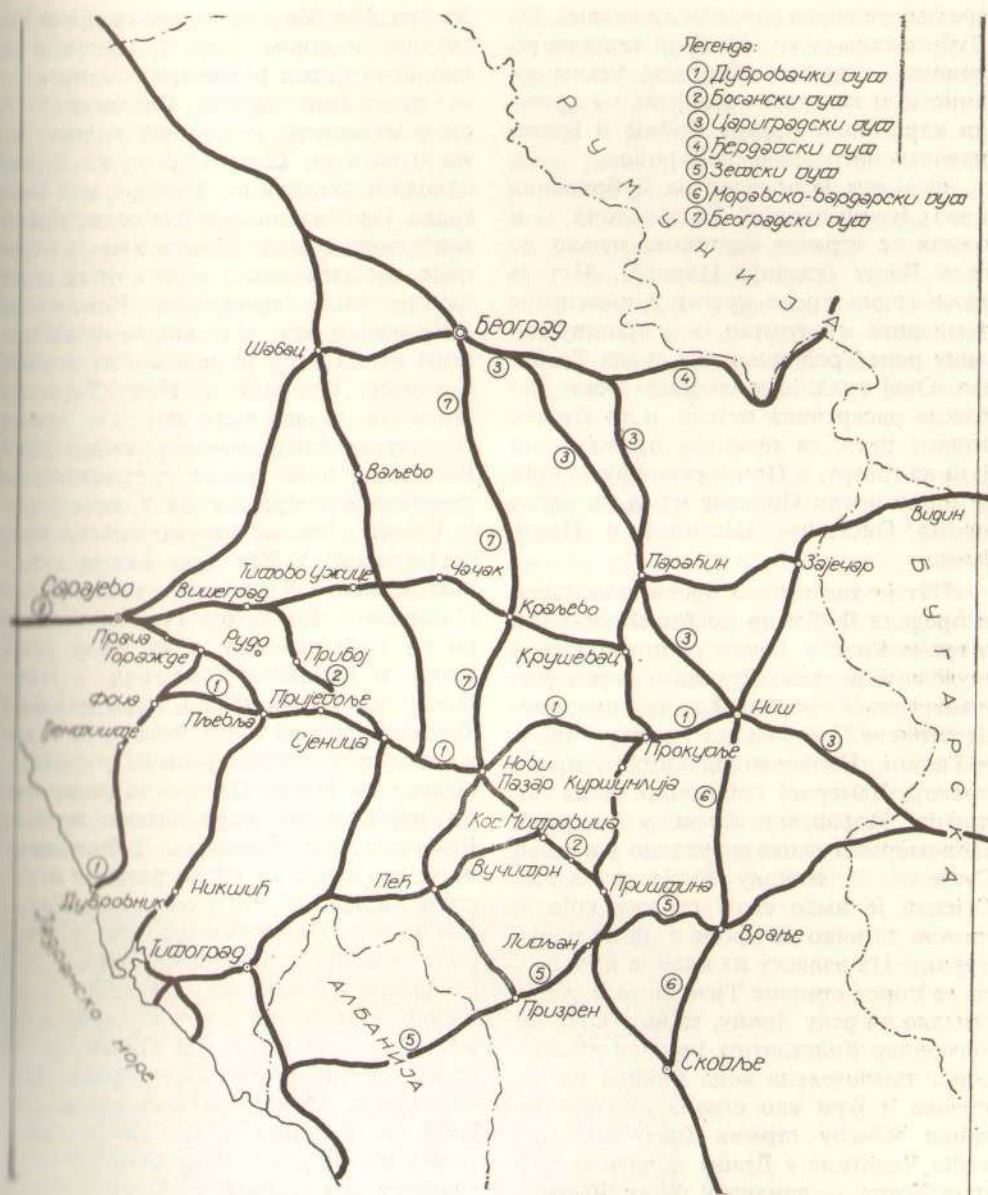
Важност караванских путева временом се мењала, и то у зависности од територијалних промена средњовековних српских држава, као и промена значајних рударско-трговачких центара. У периоду стварања првих српских држава неки каравански путеви налазили су се ван границе, касније на периферији и најзад у центру појединих држава, као Велики моравски пут у периоду владавине српских деспота. Када је центар српских држава био у Расу, главни правци кретања били су усмерени ка Дубровнику, Котору и другим градовима на јадранској обали. Упоредо са ширењем српских држава ка југу и југоистоку проширивала се и мрежа путева, стварали су се нови каравански путеви и користили остаци раније израђених римских путева. Поред ових промена, искључиво војностратегијског карактера, на развој и ширење мреже путева веома је утицало стварање рударских центара, према којима су се усмеравали и градили нови путеви. У тринаестом веку је Брсково, место у долини реке Лима, било најважније трговачко место, а при крају истог века нагло су се развили Рудник и Копаноник и постали најважнија трговачка места. За време владавине краља Драгутина Мачва и Срем постали су важни рударско-трговачки центри, а већ почетком четрнаестог века Призрен и Ново Брдо бацили су у засенак све остале рударске центре. Развојем Београда у доба деспота Стевана Лазаревића, као и рудника у Зајачи, Крушњу и Ваљеву, трговина и изградња путева усмеравани су ка северу — према богатој Мачви, Срему и реци Сави, која се користила за транспортовање робе ка Београду и даље, низ Дунав. После пада српских држава под турску власт опао је и значај свих поменутих рудар-

ско-трговачких градова, а све већи значај за трговину добили су градови Београд, Нови Пазар и покрајине.

У односу на римске путеве и „велике“ средњовековне путеве, мрежа караванских путева заузима је велика пространства. Локални сеоски путеви и стазе спајали су се са караванским путевима, стварајући густу мрежу путева, по којој су се каравани могли кретати у разним правцима.

На свом правцу пружања каравански путеви су савлађивали велике препреке, прелазили високе вододелнице, провлачили се кроз уске речне долине и на најповољнијим местима прелазили речне токове. У савлађивању високих превоја путеви су вијугали користећи повољне брдске падине. На погодним местима — вододелницама — прелазили су из подручја једног слива у подручје другог речног или морског слива. На великим успонима караванских путева примењивали су се степености засеци и израђиване су благе заравни, који су служили као одморишта каравана. Остали технички подаци који се односе на ове путеве доста су непоуздани и умногоме различити и зависни од важности пута и карактера терена. Ипак, на основу материјала које су, највећим делом, оставили разни путописци и остатака караванских путева може се закључити да су ови путеви били оивичени крупним камењем, а између ових ивица, у зависности од подлоге и терена, труп пута је био попуњен са више или мање каменитог материјала помешаног са земљом као везивним средством.

Поред караванских путева, постојали су и такозвани „велики путеви“ и „велике цесте“. За ове путеве често се употребљавао израз „колник“, вероватно због кола која су углавном саобраћала овим путевима. Правци ових путева ишли су углавном речним долинама, а највећим делом то су били остаци римских војних путева или путева који



Сл. 3 — Мрежа караванских путева у средњовековној Србији

су повезивали неке важније рударске области.

Од великих караванских кутева, која су у средњем веку представљали основну путну мрежу, треба поменути следеће путеве:

3.1.1. Дубровачки пут

Из Венеције и других италијанских градова роба је морским путем стизала у Дубровник, највеће посредничко место на јадранској обали за трговину са

средњовековним српским државама. Од Дубровника су се под врло тешким условима — стрмим падинама, уским долинама и високим превојима — кретали каравани у правцу Србије и Босне, натоварени разноврсном робом.

Овај пут је полазио из Дубровника кроз „јужну капију“ — са Плоча — и одмах се стрмим падинама пењао до села Багат (касније Царина). Пут је даље водио преко пустог и каменитог земљишта и спуштао се у плодну долину реке Требишњице и града Требиња. Овај град је у средњем веку био важна раскрсница путева, и то Дубровачког пута, са правцем пружања од југа ка северу, и Приморског пута, који је ишао преко Поповог поља на исток према Оногшту (Цетињу) и Пљевљима.

Пут је даље ишао преко села Јасен и предела Љубомир до Билећког поља и града Билећа. Затим се пружао кроз шумовите пределе Рудина и поред средњовековног градића Кључа, престонице херцега Стјепана, до Гатачког поља и Гацког. Недалеко од Гацког, преко превоја Чемерно, прелазило се из подручја Јадранског слива у подручје Црноморског слива и улазило у кланац Сутјеске. У теснацу Сутјеске херцег Стјепан је имао своју стражу која је пазила да нико не прође а да не плати царину. На изласку из кланца пролазило се поред станице Тјентиште и убрзо стизало на реку Дрину, за коју познати историчар Константин Јиречек каже: „...чија тамнозелена вода никада не замрзава и јури као стрела кроз узани канал између стрмих брегова“. Код ушћа Чехотине у Дрину долазило се у град Хотче — данашњу Фочу. Каравани су од Дубровника до Фоче путовали пет дана. Дубровачки пут је од Фоче скретао на исток долином реке Чехотине и водио до Брезнице (Пљеваља) и даље, преко Савиног Лакта, до Пријепоља, трговачког града у коме су се дубровачки трговци често задржавали и одакле су кретали многи каравани.

До градића Милешева пут се пробијао узаном долином реке Милешевке и пролазио поред истоименог манастира — задужбине краља Владислава. У овом манастиру је до 1595. године лежало тело св. Саве, када су га Турци однели и спалили на Врачару, код Београда. Из Милешева је пут водио преко вододелнице реке Лима и Увца до Сјенице, средњовековне жупе коју су ради одмора често посећивали Немањини. Дубровачки пут се ту спајао са Босанским путем, који је долазио из правца Сарајева, Прибоја и Нове Вароши. Пружали су се даље заједно, преко Пештерске висоравни и долином реке Рашке, до прве српске средњовековне престонице — града Раса. У овом граду је Стеван Немања ударио темеље српској држави. У XIV веку Рас је добио нови назив — Трговиште, а касније — Пазариште. Доласком Турака, недалеко од Раса основан је на ушћу река Рашке и Јошанице нови град — Јени-Пазар или Нови Пазар. Пре доласка Турака у Рашкој жупи често су се задржавали дубровачки трговци, а касније, оснивањем Новог Пазара на раскрсници најважнијих караванских путева, Босанског, Београдског и Дубровачког пута, ово место се нагло развило и постало највећа варош у овом делу Србије. Околина Новог Пазара пуна је историјских и културних споменика из доба владавине Немањина. На ушћу река Рашке и Дежевке постоји доста очувана црква св. Петра и Павла, један од најстаријих споменика у Србији. Изнад Новог Пазара налазе се остаци Ђурђевих Стубова, а десетак километара западно је манастир Сопотани. задужбина краља Уроша.

Од Новог Пазара Босански пут је скретао ка југу према Приштини, а Дубровачки пут је водио у правцу Рашке.

Прелазећи реку Ибар, Дубровачки пут се од Новог Пазара пењао јужним падинама Копаника и силазио у долину реке Топлице. После тешких и врлетних предела којима су каравани и

путници путовали од Дубровника, путници су могли уживати у лепоти и богатству ове питоме и плодне долине pune зеленила. Од Прокупља се могло путовати колима, јер се излазило на Велики војни друм. По преласку Мораве код Мрамора стизало се у Ниш, крајњу тачку Дубровачког пута. Као важну раскрсницу средњовековних путева, Дубровчани су овај град користили као центар за трговину са Истоком.

Овај путни правац одиграо је важну улогу у караванској трговини српских средњовековних држава са Дубровником и Венецијом, а касније је служио Турцима за продирање на запад и северозапад.

Дужина Дубровачког пута износила је око 550 километара, а караванима је под нормалним условима било потребно 15 дана путовања од Дубровника до Ниша.

3.1.2. Босански пут

Овај пут се пружао од Метлике ка југоистоку, водио преко Јајца, Травника, Сарајева, Прибоја, Нове Вароши и Приштине и завршавао се у Скопљу. Доста података о Босанском путу оста-

вио је Бенедикт Курипешкић, посланик аустријског цара Фердинанда. Турски освајачи користили су га при продирању кроз Србију ка Босни и Хрватској.

Од Сарајева један крак овог пута ишао је ка југу преко Пала и Праче у долину реке Дрине. Дрина се прелазила чамцима све до 1568. године када је саграђен камени мост. За овај мост, као и за многе друге камене мостове изграђене у срењем веку, дуго се мислило да су их градили Римљани, међутим, градили су их за време турске владавине дубровачки и италијански мајстори.

Од Горажда, преко Чајнича и престоја Металке, долазило се у Пљевља, средњовековну Брезницу. Овде се овај крак Босанског пута спајао са Дубровачким путем. Основни правац овога пута ишао је преко Гласенице и Романије до Вишеграда и Добруна, места у коме се у средњем веку налазила дубровачка колонија. Од Добруна се пут гранао у више праваца, на исток ка Ужицу, на југ долином реке Лима, а главни правац ишао је преко Прибоја и села Рутоша до Нове Вароши — Скендер-пашине Вароши. Даље је пут водио до села Жвала, где се каменим мостом прелазило на десну обалу реке



Сл. 4 Мост на реци Увцу код села Жвала [4]

Увца. О лепоти овог моста, од чија три отвора данас постоји само један, сведоче још увек његови очувани остаци.

Мост је највероватније изграђен у XVI веку, а по изгледу и елегантној конструкцији представља леп пример градитељских достигнућа тога времена. Остаци ове интересантне грађевине, изложене неколико стотина година „зубу времена“ у овом пустом и ненасељеном крају, служе данас за прелаз реке ретким пролазницима и чобанима из околних села.

Код Сјенице овај пут се спајао са Дубровачким путем, а одвајао се код Новог Пазара, идући даље преко планине Рогозне и поред манастира Бањске, задужбине краља Милутина, до града Звечана, на ушћу реке Ситнице у Ибар. Од Звечана, преко Вучитрна, пут је ишао до Приштине, где се један крак одвајао према Куршумлији и долином реке Топлице водио до Ниша. Главног правца ишао је на југ, поред Липљана, пролазио кроз Качаничку клисуру и водио даље за Скопље, Солун и Цариград.

3.1.3. Зетски пут

Дубровчани су овај пут звали „Via Zenta“. Пролазио је од албанске обале, негде у близини Драча, одакле је пролазио и познати римски пут „Via Aegnatia“. Приморска област између Улциња и Љеша, са ушћима река Дрима и Бојане, представљала је у средњем веку важно трговачко подручје. Роба приспела морским путевима највећим делом је пребацивана овим караванским путем у унутрашњост средњовековних српских држава.

Пратећи долину реке Дрине, пут је пролазио на десетак километара од Скадра и водио до средњовековног градића Дања. Овај градић су због природних лепота и благе приморске климе често посећивали српски владари, а нарочито у зимском периоду. Од Дања пут је врло брзо напуштао сурову кли-

суру и преко панинских превоја и места Пуке поново се спуштао у долину реке Дрима. Даље је пролазио поред места Спаса, ушћа Белог и Црног Дрима и водио до Призренске долине и града Призрена. У средњем веку, до пада под турску власт, Призрен је био велики трговачки центар и важна раскрсница путева за Македонију, Косово, јадранску обалу и на север, у правцу Пећи. Из Призрена пут је водио кроз густо насељене пределе и код места Дуља прелазио из подручја Јадранског слива у подручје Црноморског слива, пролазећи кроз широко Косово Поље. Код места Липљана укрштао се са Босанским путем, а затим је повезивао рударска места Јањево и Ново Брдо, да би даље водио преко Бујановца и долином Мораве, до Врања. Један брдски пут од Врања водио је за Софију.

Други правац Зетског пута полазио је из три приморска места — Котора, Будве и Бара. Ова три крака састајала су се у близини Цетиња и пут је даље водио преко Подгорице (Титограда) и средњовековног града Дукље, прелазио реку Морачу и улазио у долину реке Цијевне. Пењући се падинама Проклетија, пут је прелазио из подручја Јадранског слива у подручје Црноморског слива. Од извора реке Лима пут је водио поред живописног Плавског језера и насеља Плав, савлађајући високе превоје планине Чакора, долазио је у Пећ, важну раскрсницу средњовековних путева за Призрен и Косово.

Од Плава је један крак овог пута водио долином реке Лима за Сјеницу и Рашку Жупу.

3.1.4. Цариградски друм

Европа и Азија су вековима биле међусобно повезане овим путним правцем, користећи га као најважнију саобраћајницу. Због свог положаја и стога што је повезивао огромна географска пространства и зато имао велики међународни значај, овај пут је увек

био сврстан у велике светске путеве. Још у доба постојања Тракије, Илирије, Римске Империје, затим у периоду постојања средњовековних српских држава и за време османлијске владавине, па све до данас Цариградски друм је увек био актуелан за трговину, ратне походе, ходочаснике, крсташе, путописце и за све оне који су желели да на најкраћи и најсигурнији начин стигну из разних крајева Европе, преко Београда, до Мале Азије и даље на исток. Римљани и Турци су овај пут највише користили у ратним походима. У периоду владавине ових народа, Цариградски друм је био власништво једне државе, док се у периоду од XIV века овим друмом пролазило кроз четири државе — Угарску, Србију, Бугарску и Византију.

У доба крсташких похода овај пут је послужио као један од главних правца кретања ка истоку. Давнашња жеља (или сан) да се Босфорски мореуз код Цариграда премости и да се новежу обале Европе и Мале Азије остварен је тек 1973. године.

Захваљујући подацима многих путописаца, а нарочито историчарима Констанина Јиречека, постоји доста списа и докумената о овом путу. На територији средњовековних српских држава Цариградски друм је највећим делом водио врло погодном Моравском долином, коју су и Римљани користили за грађење војног пута „Via Militaris”.

По речима великог српског научника Јована Цвијића, на овом друму је Београд, као северна тачка ове Балканске артерије, постао главна капија Средње Европе за Балканско полуострво. Додајући овоме и изванредно важан географски положај на ушћу двеју великих река и бурну историјску прошлост Београда, за њега се слободно може рећи да је био жижа многих међународних догађаја и историјских збиња. Овај град, коме није било суђено да се изграђује и живи у миру, основали су у огњу Келти, а Римљани су

га у IV веку подигли на завидну висину. Од тога периода настаје вековна борба око превласти над овим градом, почев од страховитих разарања номадских племена Хуна и Авара. Доселивши се на Балкан, Словени су на рушевинама разореног града подигли свој град — Бели Град или Београд. Пуних осам наредних векова Београд је кроз борбу сам себе доказивао, трпео често у ропству, али живео за слободу коју је на крају и извојевао.

Из средње Европе се до Београда углавном стизало воденим путевима, рекама Савом и Дунавом. Од сувоземних путева треба поменути пут који је водио десном обалом Дунава, преко Сиска, Винковаца и Сремске Митровице, до Београда. Основни правац пружања Цариградског друма од Београда ка југу ишао је преко насеља Гроцке, Смедерева, Браничева, Ћуприје, Бована, Ниша, Пирота, Драгомана, Софије и даље, до Цариграда.

Правцем данашњег пута за Смедерево Цариградски друм је код Гроцке сасвим прилазио обали Дунава, пролазио затим поред Смедерева и улазио у богато Годоминско поље. По преласку Велике Мораве и равнот Браничева пут је водио до града Браничева, зашта је било потребно два дана путовања од Београда. Због свог богатства и повољног географског — стратегијског положаја овај град је био на удару многих освајача. Почетком XII века био је до темеља разорен, да би се касније на месту разореног Браничева подигло насеље Костолац.

Од Браничева и Дунава пут је скретао ка југу, пролазећи кроз велике и густе шуме, до Равни (данашње Ћуприје), на ушћу реке Раванице у Мораву. Даље је водио правцем којим је ишао и римски пут „Via Militaris”, пролазио равничарским пределима поред Велике Мораве, а код Ражња скретао у брдовите крајеве и водио до Бована, важног трговачког места у средњем веку. Од Бована пут је поново водио долином

Мораве и врло брзо стижао у Ниш. Овде су се укрштали најважнији средњовековни путни правци, и то: Цариградски друм, Дубровачки пут, пут за Скопље и пут који је водио ка североистоку, за Видин. Ниш је у току целог средњег века био не само важан војно-стратегијски већ и значајан трговачки центар, и то највише због свог положаја и Цариградског друма, преко кога је Ниш имао одличне везе са трговачким центрима средњовековних држава. Пут од Ниша за Софију био је доста тежак, јер је морао да савлађује планинске превоје и пролази уским кланцима. Одмах по изласку из Ниша пут је пролазио кроз уски кланац Кунавицу, затим улазио у котлину реке Нишаве и у близини данашње Беле Паланке долазио у место Мокро, које су за време крсташких похода крсташки потпуно опустошили. Даље је поново улазио у кланац Нишаве, затим у широку котлину и град Пирот. Користећи и даље долину реке Нишаве, пут је ишао за Софију, Једрене и Цариград.

Према североистоку, из Ниша је један правац ишао преко Сврљига, долином реке Тимока за Видин. Постојала је и једна путна веза која је водила из долине реке Тимока у долину Велике Мораве. Испред Зајечара, долином Црне реке, пут је ишао поред Гамзиграда, Честобродиче и, спуштајући се ка Моравској долини, спајао се негде близу Параћина са Цариградским друмом. На овом путном правцу Римљани су оставили многе споменике, од којих свакако треба поменути велики каштел Гамзиград.

При описивању овога пута треба напоменути да су и Турци, као освајачи, убрзо схватили велики стратегијски значај положаја Цариградског друма. Приступили су поправкама оштећених и запуштених деоница и тако својим војним јединицама омогућавали брза продирања ка Сави и Дунаву. Турци су делимично и променили правац Цариградског пута на делу од Гроцке до

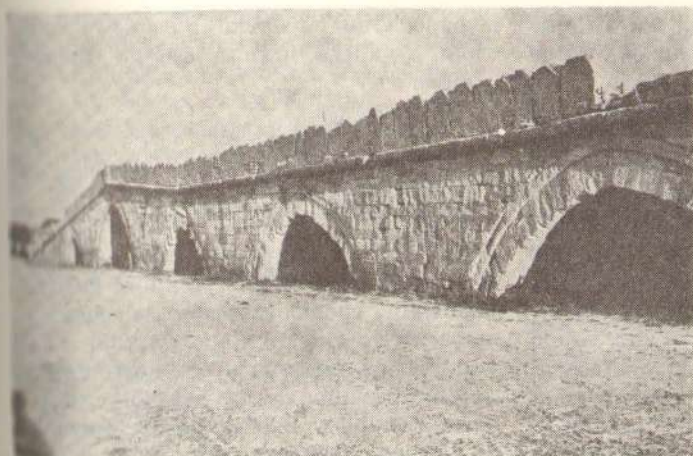
Ђуприје. Ова промена правца омогућила им је везу за Ђуприју преко Колара, која је била краћа у односу на ранији правац преко Смедерева и Браничева.

3.1.5. Моравско-вардарски друм

Основни правац овог пута ишао је од Ниша на југ, пролазећи поред Лесковца, Куманова и Скопља за Солун, користећи долине Јужне Мораве, Ветернице и Вардара.

Одмах по изласку из Ниша пут је пролазио теснацем Јужне Мораве, поред остатака Курвина Града, и долазио у Лесковац. У средњем веку овај град је био познат по трговачким везама са Дубровником и по надалеко чувеним панађурима (вашарима). Идући ка југу, један крак овог средњовековног пута пролазио је долином реке Ветернице, пењући се на коту 1.000 m између планинских врхова Дралове Чуке и Облика, а затим се нагло спуштао у долину Јужне Мораве, долазећи у Врање. Као ретко који град на југу Србије, Врање има велики број културно-историјских споменика, који говоре о бурној историји овога места. Осим тога, Врање се налази у близини највећих рударских средњовековних центара, а као раскрсница путева имао је одличне везе са Београдом преко Ниша, са Солуном преко Скопља, са приморским градовима Зетским путем и, најзад, према истоку, преко планинских предела планине Бесне Кобиле, Врање је караванским путем било повезано са Софијом.

Поред овог правца који је ишао долином Ветернице, у другој половини турске владавине путовало се долином Јужне Мораве, кроз Грделичку клисуру, где је било доста ханова за прихватање и одмор путника. Од Врања пут је ишао долинама река Јужне Мораве и Моравице до Куманова, затим речним долинама Пчиње и Вардара, до Велеса и на крају, користећи долину Вардара, стижао је у Солун.



Сл. 5 — Војиновића мост у Врчину

3.1.6. Београдски друм

Основни правац овог пута ишао је од Београда у правцу Рудника, манастира Жиче, Маглића, манастира Студенице, Рашке и даље за Скопље. Остаци из римског доба откривени у близини овог путног правца указују на подударност правца Београдског пута са правцем неког римског пута. Вероватно је да је у питању била добра попречна веза између познатог римског пута „Via Aegnatia” и пута Љубљана — Београд — Кладово. Из Београда пут је преко Барајева ишао за Рудник средњовековно рударско место познато по богатим налазиштима сребра и олова. Римљани, Саси, Аустријанци и Срби оставили су видне трагове експлоатације ове богате „сребрне” планине. За време владавине краља Милутина и, касније, деспота Ђурђа Бранковића Рудник је доживео највећи успон, чак је добио и ковницу новца, што је у то време била велика реткост.

Пут је од Рудника ишао долином река Груже и Ибра, поред средњовековних манастира Жиче и Студенице, градова Маглића и Бревеника до Рашке. Од Рашке је један крак овог пута ишао долином реке Ибра, поред градова Звечана, Вучитрна и Приштине. Премазећи широким Косовим пољем,

пут је после Липљана пролазио кроз Качаничку клисуру и водио до Скопља. На овом путу, богатом средњовековним културно-историјским споменицима, налазио се и Војиновића мост код Вучитрна. Овај мост саграђен је у средњем веку ради премошћавања реке Ситнице. Један је од ретко сачуваних каменних мостова из средњег века. Дугачак је око 135 метара, има девет отвора, од којих првих пет оригиналних отвора имају облик преломљеног лука, а остали, који су дозидани касније, имају облик кружног свода. По предању, мост је добио име по Војиновићима, сестрићима цара Душана, који су га и сазидали, а чије је и седиште било у Вучитрну. Мост данас лежи на сувом, до половине је затрпан, јер је током времена река Ситница у овом равничарском терену променила свој ток.

Други крак овога пута ишао је од Рашке преко Новог Пазара за Пећ. Од Пећи пут се рачвао на исток — према Косову, и на југ — ка Ђаковици и Призрену.

Богата историја градова поред овог пута, као и многобројни споменици, манастири, остаци средњовековних градова и археолошки налази сврставају овај пут међу најзначајније путеве у средњем веку.

3.1.7. Пuteви од Београда ка Шапцу Ваљеву, Чачку и Титовом Ужицу

Од Београда преко Барича, десном обалом Саве, ишао је пут за Шабац (Заслон). Према неким угарским писцима, темеље Шапца подигли су Турци 1770. године да би добили један важан и истурен стратегијски пункт према Угарској, са којом су били у честим ратним сукобима. Од Шапца су, на север преко Саве, постојале добре везе са Угарском и преко ње са средњом Европом. Из Шапца су у правцу југа грађени путеви у више праваца, а при том су коришћене долине река Дрине, Колубаре и Западне Мораве.

Правец који је ишао за Ваљево пролазио је поред насеља Коцељева и Бранковине. Преко села Крчмара, у правцу Ваљева, прелазило се из подручја слива Колубаре у подручје слива Западне Мораве. Даље је пут пролазио поред Косјерића и долином Скрапежа ишао за Пожегу и Ужице.

Остаци римског каштела код села Субјала, археолошки налаз у селу Јежевици, остаци средњовековног града код села Крчмара, као и данас уочљиви делови караванског пута преко Букова само потврђују велику важност овог пута у средњем веку, а и раније, када су га Римљани користили при експлоатацији рудних богатстава тих крајева.

Треба поменути и пут који је из Босне, преко Шаргана, Ужица и Пожеге долином Западне Мораве водио до Крушевца. За већи део Србије ово је била најкраћа веза са Босном, са којом су у средњем веку одржаване добре трговачке везе. Из Пожеге један крак је ишао долином реке Моравице за Ивањицу и преко планине Јавора за Сјевицу, важну раскрсницу средњовековних путева.

Постојали су и путеви који су водили од Обреновца долином реке Ко-

лубаре. Они су преко Ваљева повезивали рударска насеља све до долине Дрине.

3.1.8. Пут десном обалом Дунава од Београда до Кладова

Овај пут, са многобројним археолошким остацима и споменицима Римске Империје, средњовековних српских држава и Отоманског царства, који и данас постоје, сведочи о великом интересу многих народа да овладају дунавским кланцем. Римљанима је служио за освајање Дакије, владарима средњовековне Србије да преко изграђених утврђења очувају своју независност, а турским освајачима за продоре и ширења Отоманског царства.

Остаци римских каштела код Голупца и Бољетина, Трајанова табла код Текије и видљиви трагови Трајановог пута уклесаног у стеновите обале Дунава, са остацима стубова Трајановог моста неколико километара испод Кладова су визија једног од путева из далеке прошлости, чија решења и техничка достигнућа и данас могу да задиве. Мост преко Дунава код Кладова био је изграђен по наређењу римског императора Трајана, а дело је архитекте Аполодира, из Дамаска. Мост је имао дванаест стубова, а завршен је 105. године. Порушио га је Трајанов наследник — цар Хадријан. Видљиви остаци стубова на нашој и румунској обали и данас говоре о грандиозном подухвату градитеља почетком наше ере. Према неким подацима, мост је грађен на сувом, јер је претходно извршено скретање Дунава испред моста.

Најновија открића код Лепенског Вира само још више потврђују све оно што је већ речено о присутности Римског царства у долини ове велике реке.

На многим остацима римског каштела и утврђења у средњем веку су подизана утврђења и градови. Повезива-

не догађаја и историјских чињеница несумњиво указује на то да је овај пут био интензивно коришћен и у средњем веку. Од Београда до Костолца поклапао се са Цариградским путем, а ту се одвајали — Цариградски пут је скретао ка југу, а други крак је водио поред Дунава до Кладова и затим прелазно у Румунију или водио караванским путем низ десну обалу Дунава.

4. ПУТЕВИ У ПЕРИОДУ ОД ПРВОГ СРПСКОГ УСТАНКА ДО КРАЈА I СВЕТСКОГ РАТА

За време првог српског устанка само се војевало, а ништа није урађено на оспособљавању путева. Лоше стање путева је чак више одговарало Карађорђевим устаницима јер је спречавало Турке да лако и брзо продру у унутрашњост Србије.

Први радови на поправци, „кречењу“ и „равнању“ путева уследили су после наредбе кнеза Милоша 1823. године, и то на путу Крагујевац — Београд. После 1830. године почињу да се пројектују нови путеви веће ширине, веће дужине и често са великим успонима. Поред пута се остављао простор за прогон стоке у крдима и целепима, да се не би штетило коловоз главног пута. Пuteви су просецани кроз многобројне густе шуме. На потезима поред река, где је било доста шљунковитог материјала, шљунак је коришћен за насињање тупа пута и за израду самог коловоза. Мостови су рађени од дрвета, а преко већих река прелазило се скелом.

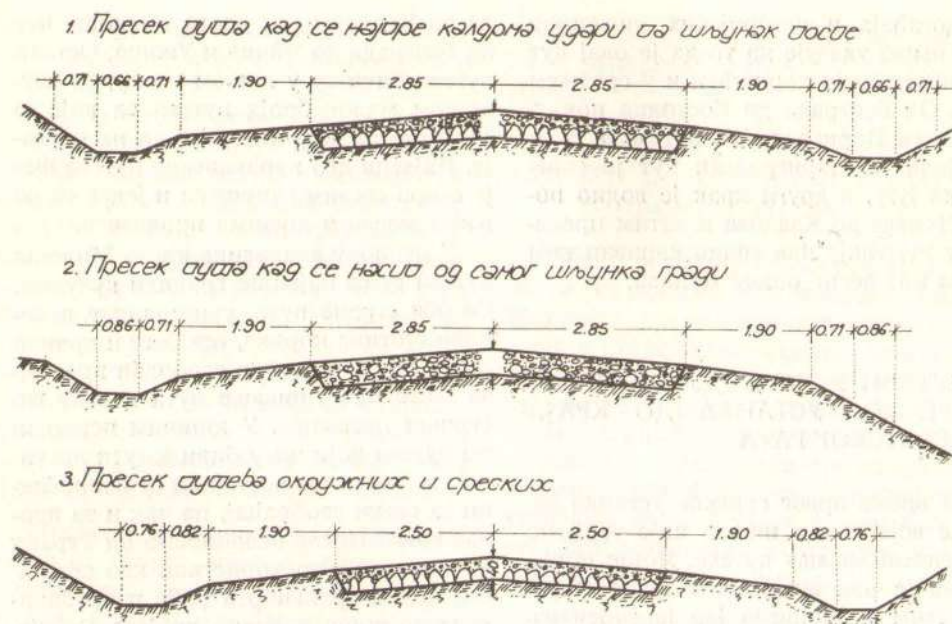
У то доба у Србији је било само неколико путева по којима се могло ићи коњима, као што је био пут од Београда, уз Саву, до Шапца; пут преко Мачви до Зворника; пут од Београда, преко Гроцке, за Јагодину, Ђуприју, Парану и Ниш; пут од Гроцке за Смедереву и Пожаревац; затим пут од Београ-

да до Ваљева и, са доста тешкоћа, пут од Београда до Чачка и Ужица. Остали путеви били су у лошем стању, са изузетком малог броја путева за које је Турцима било у интересу да их очувају. Највећи део караванских путева био је скоро сасвим запуштен и једва се по њима могло и коњима пролазити.

У периоду владавине кнеза Милоша путеви су се највише градили кулуком. Са обе стране пута, у ширини у неколико стотина корака, секла се и крчила шума да би се добио слободан простор за боље просушивање пута и већу сигурност путовања. У кишним периодима путеви који нису били засути шљунком већ земљом постајали су непроходни за сваки саобраћај, па чак и за пролаз коња. После ослобођења од Турака коњи су се дуго користили као ефикасан начин транспорта робе и пребацивања путника у разне крајеве Србије. Колски саобраћај и кола могли су се наћи само у равној Мачви, где се још за време првог српског устанка помињу „мачванске кочије“. И на „главном друму“ (за Цариград) кола су била права реткост. Сматрало се да су кола велика привилегија па су их могли имати само виђенији људи, и то по изричитом одобрењу самог кнеза Милоша. Кнез је обично путовао на коњу, али су га пратила лака, украшена и покривена кола, у које би прелазило само у случају кише. Поред оваквих кола, којих је било мало у првој половини деветнаестог века, могла су се на путевима видети и товарна кола, која су полако вукли волови.

Товарна кола била су сасвим примитивна, без иједне гвоздене чивије, с арњевима преко којих је у случају кише разапињана хасура. Колико је тај превоз био примитиван, види се по томе што се од Београда до Крагујевца путовало седам дана.

Већ средином деветнаестог века о путевима се све више водило рачуна и много се више радило на стварању што боље путне мреже. Под надзором



Сл. 5 — Попречни профили путева из Првих техничких прописа за путеве у Србији [5] са оригиналним (изворним) објашњењима

десетине инжењера, ангажованих са стране, отпочела је солиднија изградња путева уз примену техничких прописа. Србија је тада имала око 1.200 километара путева. Извршена је подела путева на државне, окружне и среске, а сви остали путеви били су општински. Било је око 750 километара државних путева, и то су били следећи путеви:

— пут Београд — Смедерево — Оси-
паоница — Јагодина — Алексинац;

— пут Осипаоница — Пожаревац —
десна обала Дунава — Неготин;

— пут Београд — Паланка — Топо-
ла — Крагујевац — Краљево — Рашка;

— пут Београд — Обреновац — Ша-
бац — Лозница.

Схватајући велику важност путева за бржи развој земље, за време друге владавине кнеза Милоша основана је Управа грађевина, а нешто касније, 1862. године, и Министарство грађевина.

Први закон о јавним друмовима, као и прописи о грађењу и одржавању путева и држању лицитација били су нови подстрек за грађење и одржавање путева. У распису министра грађевина од 30. марта 1866. године између осталог се каже: „Да се сви државни друмови, побројани у Закону о јавним друмовима, каменом патошу и шљунком насапају на три фата (5,7 m) у ширину“. У поменутим прописима били су разрађени сви елементи потребни за пројектовање и грађење путева за ондашње потребе и саобраћај. Колико се водило рачуна о правилном пројектовању, види се из прописа старих више од сто година, по којима максимални радови на државним друмовима не смеју да пређу следеће вредности:

- у равници 2‰,
- у брдовитом терену 5‰,
- у планинском терену 6‰.

Прописи за окружне и среске путеве били су нешто строжи.

За мање радове на оправкама друмова били су задужени кметови, док је за веће радове било потребно одобрење министра грађевина. Управним органима власти била је дужност да размисле шта и како на друму треба радити и колико ће руку бити потребно да се посао заврши.

После доношења закона и прописа из области путева, а нарочито осамдесетих година, почињу убрзано да се прављају постојећи путеви и ствара се мрежа државних, окружних, среских и општинских путева. Упоредо са грађењем нових путева поклањала се нарочита пажња и одржавању постојеће путне мреже. Министар грађевина издавао је наређења окружним инжењерима какво мора бити стање на путевима у погледу резервног материјала, стање коловозне површине и др. Поред тога, било је прописано посебним упутствима како ће се вршити оправке и какве су дужности и обавезе надзорних органа.

У другој половини XIX века у Србији су се интензивно градили мостови, а то гвоздени преко реке Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве. Од засвођених мостова по лепоти се нарочито истиче мост преко реке Моравице, код Ивањице, и мост преко реке Ибра, код Рашке.

Новим Законом о јавним и сувоземним путевима, донетим 1910. године, извршена је нова подела путева на државне, окружне и општинске путеве. Државни и окружни путеви одређивали су се указима, а општинске путеве проглашавала су начелства по решењу окружних одбора. Државни путеви финансирани су из буџета, а окружни и општински из окружних и општинских прихода. За одржавање државних и окружних путева било је прописано да се постављају путари на сваких 10 km, а инспектори на сваких 60 до 100 km. Пут је сматран за јавно до-

бро и законом је било одређено да мора бити у свако доба способан за саобраћај.

Ратови вођени од 1912. до 1918. године привремено су зауставили развој путева, јер, изузев краћих деоница за војне потребе, ништа друго се није градило.

Појавом аутомобила у свету крајем деветнаестог века почела је нова ера у развоју саобраћаја и грађењу путева. Као најпогодније средство за превоз робе и путника, аутомобил је убрзо преузео првенство у друмском саобраћају, а производња аутомобила нагло је порасла. Аутомобилски саобраћај, са свим својим преимућствима, условљавао је и грађење нових савременијих путева по којима је био могућ удобнији, сигурнији и бржи транспорт путника и робе. Изградња савремене путне мреже, толико битне за економски развој и просперитет, постала је основна брига многих земаља.

У нашим крајевима први аутомобили појавили су се у Црној Гори, а само неколико година касније 1907. године, регистрован је и први аутомобил у Београду. До почетка балканских ратова 1912. године у Србији је било једва око сто аутомобила. Управо у том периоду, када је и Србија, следећи развијене земље, донела програме за грађење и модернизацију путне мреже, избили су ратови, који су онемогућили мирнодопски развој у овој области, па су 1918. године изграђени неки војни путеви поред бугарске и турске границе.

5. ПУТЕВИ У ПЕРИОДУ ИЗМЕЂУ ДВА СВЕТСКА РАТА

По завршетку првог светског рата, у периоду од 1930. године, аутомобилски саобраћај се у европским државама нагло развијао, и то како у погледу броја возила, тако и у погледу тежине. Све више су се градили путеви са са-

временим коловозом да би се омогућила брзина преко 50 km/ч. У Француској је обављано катранисање и асфалтирање путева, у Немачкој се убрзано стварала мрежа савремених путева, у Енглеској су увелико грађени цементно бетонски коловози, а у Италији се градила ауто-страда Венеција — Милано; то је био први пут на коме се наплаћивала возња. Модернизоване су и мреже путева у Чехословачкој, Аустрији, Мађарској и другим европским земљама. Ни наша земља није могла да буде по страни од ових збивања. Истина много скромније и споријим темпом, са ограниченим финансијским могућностима земље тек изашле из ратних разарања и страдања, кренуло се у стварање путне мреже која би одговарала нашим могућностима и потребама.

Основна оријентација била је на грађењу макадамских путева. Коловозне конструкције рађене су од уваљаног туцаника дебљине 12 до 15 cm, на каменој подлози дебљине 20 cm. У овом периоду, поред интензивне изградње коловоза од туцаника, ради сузбијања прашина рађене су коловозне површине са премазима уљем, катраном и битуменом. Од Београда до Авале изграђен је и први савремени пут од 16 километара. Коловоз је био изграђен од топеке и крупнозрног бетона, на макадамској и шосе-подлози. За овај период карактеристична је и изградња савремених коловоза на улицама већих градова, као и обнова великог броја мостова порушених за време рата.

Нови темпо грађења путева и мостова условљавао је и доношење нових прописа из ове области. Донети су закони о рангирању путева на државне и остале путеве, Уредба о одржавању путева, Уредба о надзорницима и путарима, Норме за путеве, Општи и посебни услови за грађење путева и мостова, Технички прописи и Упутства за коло-

возне засторе, израђени су и катастри путева и мостова и др.

У периоду привредно-економске кризе, од 1930. до 1935. године, делатност на изградњи путева била је незнатна. На изградњи мостова радило се интензивно, јер се на име репарација добило више гвоздених конструкција мостова. Израђени су мостови преко реке Саве код Раче и код Београда (дужине 411 метара). Преко Дунава је изграђен друмско-железнички мост дужине 1.200 метара

Тек 1935. године издвајана су знатнија средства за путеве и приступило се планском грађењу макадамских и савремених путева. Највећа средства ангажована су за изградњу пута Хоргош — Суботица — Нови Сад — Београд, затим за пут Црвени Крст — Ниш — Нишка Бања. Обе ове деонице грађене су као делови међународног пута Лондон — Инстамбул. У оквиру ових радова био је изграђен и ланчани мост преко Саве код Београда, који је за време рата порушен. На истом месту је по завршетку рата изграђен нови мост који и данас постоји. Од осталих путева грађених до почетка другог светског рата важнија саобраћајница је и деоница међународног пута од Ниша преко Пирота до бугарске границе. Од 1935. до 1937. године изграђени су делови пута кроз Ниш и од Ниша до Нишке Бање. Увелико су рађене и деонице од Нишке Бање кроз Сићевачку клисуру до Беле Паланке. У близини Беле Паланке изграђен је краћи потез савременог цементнобетонског коловоза. Радови на овом путном правцу настављени су после другог светског рата. Од Пријеполја до Бијелог Поља, живописном долином реке Лима, изграђен је макадамски коловоз у дужини око 54 километра.

Мрежа путева изграђена у периоду од 1935. до 1941. године представљала је основу за будући послератни период

грађења савремених путева. Искуства стечена на грађењу путева и улица пре почетка другог светског рата корисно су послужила у првим кослератним дањима обнове и изградње путне мреже у нашој земљи.

У периоду од 1941. до 1945. године, за време другог светског рата, велики део путне мреже био је скоро уништен, а сви већи мостови порушени.

— Прибој — Пријепоље	7 km
— Београд — Мељак — Степојевац	32 km
— Панчево — Баваниште	8 km
— Панчево — Долово	12 km
— Панчево — Ковачица	25 km

УКУПНО: 501 km

б) Путеви са савременим коловозним засторима

— Хоргош — Нови Сад — Београд	209 km
— Београд — Авала — Крагујевац	123 km
— Београд — Панчево	20 km
— Параћин — Ђуприја	9 km
— краћи делови око градова	31 km

Укупно: 392 km

4.1. Преглед путева изграђених између два светска рата:

а) Путеви са макадамским коловозним застором

— Пријепоље — Бродарево — Бијело Поље	54 km
— Авала — Рипањ — Липовица	22 km
— Милошева Кула — Црнајка	5 km
— Салаш — Рудник злата	7 km
— Ваљево — Лозница	73 km
— Ужице — Вардиште	57 km
— Ужице Партизанске Воде	27 km
— Пожега — Ариље — Ивањица	8 km
— Ниш — Пирот (од 17. до 31. km)	14 km
— Крагујевац — Краљево — Рашка	134 km
— Ужице — Бајина Башта	5 km
— Доњи Милановац — Пољачки Мост	4 km
— Доњи Милановац ка Голупцу	7 km

У периоду 1918. до 1941. године, у току 23 године, изграђено је свега око 400 километара путева са савременим коловозом, што представља годишњи просек око 18 километара. Ако би се градило овим темпом, путна мрежа не би могла да буде изграђена ни за 2000 година.

Приказ развоја путева на тлу наше земље показује да је изградња путева била подређена потребама и интересима других земаља. Лоше стање путне мреже и њена неповезаност, као гешко бreme прошлости, поставили су после ослобођења наше земље крупне задатке на обнови и изградњи путева и мостова.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Вурчек, Константин: Трговачки путеви у средњовековној Србији
- [2] Ерачковић, Ј.: Путеви у Србији у средњем веку и у турско доба
- [3] Петровић, Михајло: Списи о историјском развоју путева
- [4] Јелачић, Надежда и Гојковић, Милан: Грађа за проучавање старих каменних мостова и аквадукта у Србији, Македонији и Црној Гори
- [5] Милошевић, Миша: Инжењер-Помоћна књига за инжењере, архитекте и освајаче грађевинске техничаре. Штампарија Краљевине Србије, 1889.

Александар ЛЕПАВЦОВ, дипл. инж.

Путеви на тлу данашње Македоније — поглед кроз историју

Македонија је као географска регија позната од најстаријих времена. Смештена у централном делу Балканског полуострва, била је раскрсница важнијих путева, а и место судара и мешања многих цивилизација и култура, циљ интересовања многобројних завојевача. И површним погледом на културу могу се уочити могуће природне комуникације, а то су, пре свега, речне долине Вардара и Струме, односно попречна веза Јадранског и Белог мора, која је служила као главна магистрала ка Азији и Африци и на коју се надовезују путеви западне и источне Европе. Та веза попречних и подужних комуникација се добрим делом остварује на тлу Македоније, па зато и није чудно што је у првим географским картама Европе приказана и Македонија.

Може се наслутити да су још у бронзаном добу, а свакако и гвозденом добу постојали путеви на тлу Македоније. То потврђују богата археолошка налазишта, у којима се, поред предмета локалног обележја, могу наћи и многобројни предмети грчког и азијатског порекла. То сведочи о релативно великој размени добара оствареној друмским комуникацијама.

Прве писане информације о путевима на тлу данашње Македоније оставио је Туркитид, који каже да је македонски краљ Архелај (418. до 399.)... „изградио тврђаве што их има и данас у земљи, просекао праве путеве, уредио војску, побољшао коњицу и оружје...” [2]. Међутим, као стварни доказ постојања некадашњих путева и објеката на њима (мостови и утврђења) могу да послуже дела римских градитеља која и данас постоје на том подручју. Запањујућа је њихова техника и смисао за конструкцију, на чему је, добрим делом, и била базирана моћ римског оружја. Један од лепих примера је и карта *Tabula Peutingeriana*, римска карта из IV века, сачувана као препис из XII века. То је најстарија карта која обухвата магистралне путеве на тлу античке Македоније, чије трасе постоје и данас као модерни путеви.

На карти су обележени римски империјални магистрални путеви: „*Via Engatia*”: *Dyrachium* — *Amphipolis* (Драч — Охрид — Битола — Солун), „*Via Militaris*”: *Singidunum* — *Constantinopolis* (Београд — Истанбул), посебно кроз Македонију: *Scupis* — *Tessalonice* (Скопље — Солун) као и *Heraclaea* — *Stopis* (Битола — Стоби), однос-



Ca. 1 — Kapra Tabula Peutingeriana — VII — VIII

но део магистрале „Via a Serdica usque Heracleam”. Даље пут води од Amphipolisa, код ушћа реке Струме у Бело море, до Heraclea Santika (Demirhisar), а одатле до Philippisa (код Драча). Дуж ових путева приказана су и сва већа насељена места оног доба, као и Охридско језеро.

Претпоставља се да је, осим на већ наведеној карти Tabula Peutingeriana, област Македоније била добро и тачно приказана и на карти из прве половине другог века наше ере, коју је израдио Марин Тирски, а допунио између 160. и 180. године наше ере александријски географ и астроном Клавдије Птоlemeј [2]. Ове карте су имале велики утицај и на све касније карте издате у средњем веку. У њима тачност репродукције Птоlemeјевог географије није извесна. Тако се, у десетом листу карте Европе „Tabula decima et ultima Euporea”, по Птоlemeјевом атласу, издатом у Риму 1490. године, запажа да нису означени ни Охридско језеро ни путеви, док су добро обележени већи градови, реке и планине.

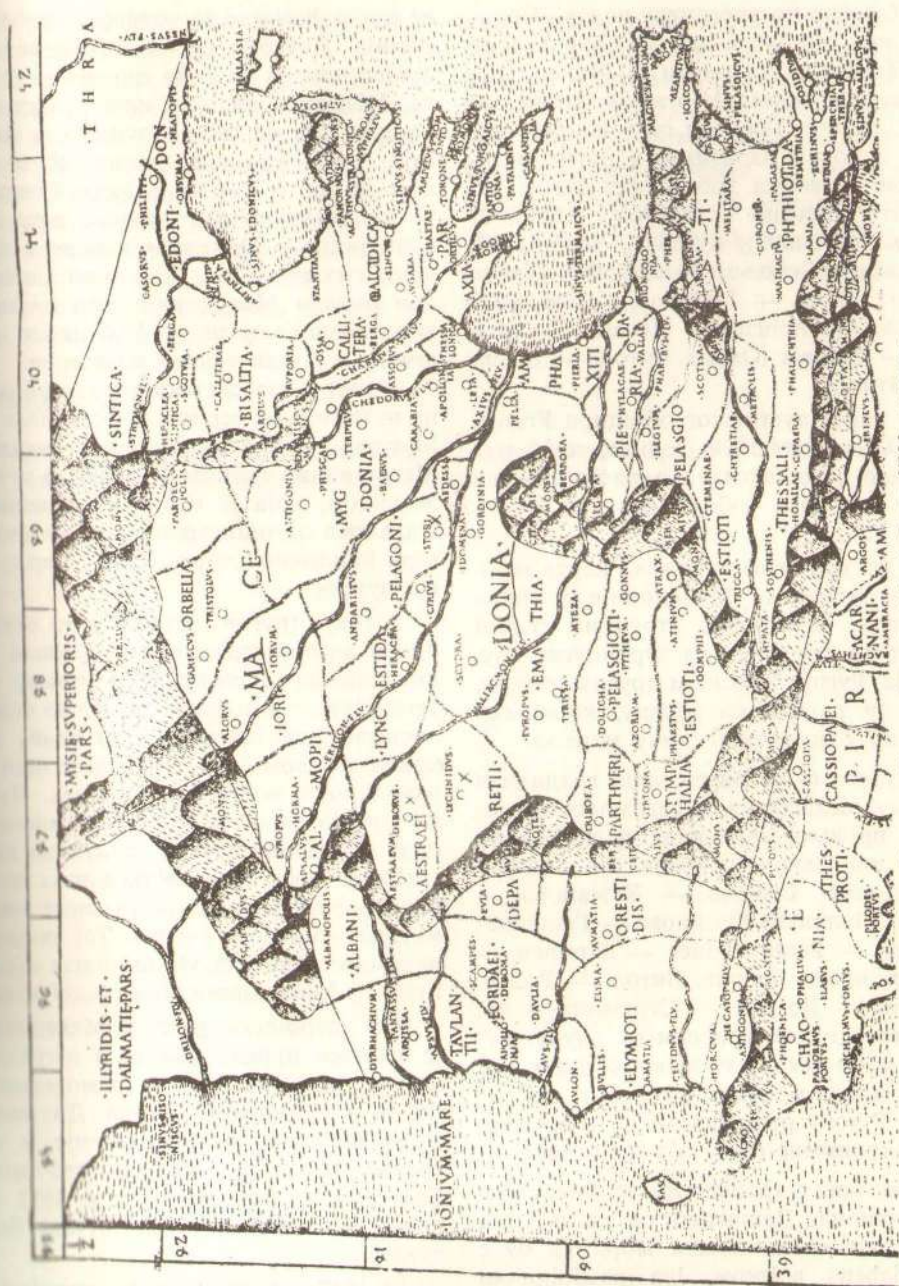
Са распадањем Римског царства и развојем Византијске империје све јаче се развијала трговина, а она је захтевала добре и сигурне путеве за превоз робе. У том циљу, Византија је ојачала зидове граничних градова, чувајући их од све чешћих напада већ досељених Словена. У тим вековним борбама, све до појаве Турака, изграђени су многи јаки градови повезани dobrим путевима и мостовима, које је одржавало месно становништво. Посебне мере сигурности преузимане су на превојима и у клисурама, где су грађене многе утврђене стражарнице. Оваква ситуација остала је и за време турске владавине.

Из сачуваних материјала које је оставила турска администрација види се да је у то време постојала добро организована служба за чување и одржавање путева. Чување путева било је доде-

љивано одабраним селима — дервендијама. Становништво ових села било је пописивано и указом султана ослободано од државног данка намењеног локалним феудалцима. Међутим, дервендија је давао одређену количину житарица и новчани износ као данак за вино. Одржавање и чување мостова било је поверено такозваним кјупруђијама. Тако организована служба за одржавање путева омогућила је интензивнију размену стоке и остале робе. У шеснаестом веку су већ били познати ваџари у Струги, селу Дољани, Бешпику, а нешто касније и у Прилепу [2]. Транспорт на путевима обављан је првенствено каравански — колима, а, исто тако, и камилама (у Македонији се одржао све до почетка нашег века).

Од почетка средњег века па све до XVIII века издате су бројне карте територије данашње Македоније, које се данас чувају у разним националним библиотекама, и то као оригинали или стари преписи. На тим картама често се виде измишљени градови или градови који су већ били изумрли у доба издавања (Stopis, Heraklea, Amphipolis, Philippis и др.). Ово се јавља због тога што су ондашњи картографи у великој мери користили материјале својих претходника, допуњујући их према описима трговаца који су се кретали путевима данашње Македоније. У том смислу треба истаћи карте Sebastijana Munstera, из 1544. године, и Giacomo Gawtaldia, из 1560. године, у којима су доста тачно приказана насељена места у Македонији на основу путовања дубровачких и венецијанских трговаца и мисионара.

Прву карту израђену само за Македонију издао је у Дуизбургу 1585. године Херхард Меркатор („Macedoniae Epuris et Achaia”), на основу које су касније израђене серије карата разних аутора. У овој карти нису обележени путеви, што је чест случај код средњовековних карата [1].



Сл. 2 — Карта „Hungariae etc. tabula” из 1744. године

Посебно интересантну карту „Ungariae etc. tabula” издао је 1744. године М. Hasius. У тој карти је Македонија назначена према карти de Jislea, из 1707. године. Градови су означени старим и новим називима, а путне магистрале су веома добро обележене. На карти „Ungariae et tabula” (слика 2) добро се уочавају путеви „Via Ignatia” (Egnatia”) Скопље — Kapulih (Титов Велес), Stobi — Idomene — Salonishi и даље пут Achrida — Heraclea — Stobis — Astibus (Охрид Битољ — Стоби — Штип).

У карти аустријског официра Franza von Veissa, из 1829. године, први пут су дате коте (висине), а растојања између градова обележена су часовима [1].

У току деветнаестог века карта територије данашње Македоније је била темељно коригована стручним радом официра послатих из Француске, Аустрије, Русије, Турске и других земаља, који су радили на терену, користећи ондашњу познату технику мерења.

Путеви су се интензивно градили и у току шездесетих и седамдесетих година прошлог века када су просечени нови или реконструисани већ постојећи путеви: Скопље — Куманово — Крива Паланка; Куманово — Гњилане; Битољ — Ресен; Велес — Прилеп — Битољ преко Бабуне, Битољ — Воден, Кукуш — Дојран — Струмица и др. Сви ови путеви грађени су „кулуком” који је по закону требало да траје два дана, али је у пракси то било и два месеца. У току рада сељаци су сами сносили трошкове смештаја и исхране.

Сигурност транспорта је била проблематична. Дешавало се да и сама турска државна пошта мора да буде обезбеђена војском, јер разбојнички напади нису ни њу штедели. Нарочито јаке разбојничке банде дејствовале су на подручју Дебра, Охрида и Костура.

У току балканских ратова биле су реконструисане или изграђене неке но-

ве саобраћајнице за потребе зараћених армија. Посебно су биле грађене саобраћајнице за потребе солунског фронта. Међутим, како је која армија одступала, она је тако и рушила, и то не само новоизграђене путеве већ и оне које су чак и Турци градили. Стога су по завршетку Првог светског рата саобраћајнице у Македонији биле у врло лошем стању. То се још више осетило при подели Македоније, кад су вековима познате путне саобраћајнице пресечене и робни токови нарушени.

Између два светска рата саобраћај на путевима на територији садашње СР Македоније био је пре свега локални. Магистрални транспорт обављао се железницом, која је већ била развијена. Ондашња администрација је организовала прилично добро службу одржавања путева.

У току Другог светског рата окупациона администрација је обраћала велику пажњу одржавању и чувању путева. Путеве је одржавало месно становништво под принудом, уз бедну надокнаду. Овом службом руководили су окупациони полувојни кадрови. Чување путева било је поверено војсци и полицији. Нови путеви практично нису грађени, тако да је Македонија дочекала ослобођење са свега шест километара модерних путева. Тај податак недвосмислено указује на стање мреже путева у Македонији после ослобођења.

По завршетку рата у Македонији је започео процес обнове и изградње, који је био уско везан и са модернизацијом и изградњом путева. Динамика модернизације, реконструкције и изградње путева била је врло интензивна. Тако је у периоду од 1947. до 1973. године динамика изградње путева била следећа:

- од 1947. до 1954. године изграђен је 91 километар пута;
- од 1955. до 1959. године изграђен је 289 километара путева;
- од 1960 до 1965. године изграђено је 450 километара путева;

од 1966. до 1973. године изграђено је 686 километара путева.

Категорисана путна мрежа у СР Македонији по којој се данас одвија моторни саобраћај износи 2380 километара путева, од чега са савременим коловозом 1516 km, или 66% од укупне дужине путне мреже у републици.

С обзиром да су путеви један од битних фактора развоја, у СР Македонији се данас чине велики напори за

даљи развој путне мреже, наравно са таквим елементима трасе и профила који ће задовољити све строже захтеве путног саобраћаја. За то су створени предуслови, у првом реду кадрови потребни за пројектовање, грађење и одржавање путева, као и потребна средства, која у последњих неколико година износе приближно 310 милиона динара годишње.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1) Јаранов, Д.: „Карта на Македонија и географските и граници“ 1933. година
- 2) Група аутора: „Историја на Македонскиот народ“, књига прва, 1969. године, Скопје

Др Здравко ЈОКСИЋ, дипл. инж.

Сечење и бушење бетона термичким поступком

Уместо до сада коришћених поступака при бушењу, сечењу и рушењу бетонских објеката применом бушилаца, пнеуматских чекића и минирања све више и успешније користе се термички поступци за ове послове. Формирана су специјализована предузећа, опремљена одговарајућом опремом, са вишегодишњим искуством стеченим на различитим пословима у Француској и Немачкој [1] и [2].

Сечење материјала термичким поступком заснива се на трансформацији бетона или других материјала, које треба исећи или избушити, у течну згтуру (довољно течну отопину) која је у стању да истече из блока који се сече, разлажућим термичким дејством оксида гвожђа насталих услед сагоревања у пламенику. Према томе, ради се о физичко-хемијској реакцији.

Реакција започиње загревањем краја пламеника до усијања, при чему се прогресивно додаје кисеоген (кисеоник). Реакција је потпомогнута калоријама које се ослобађају приликом сагоревања метала од којег је пламеник израђен. На овај начин се термички могу сечи метали, стене, армирани и класични бетон, као и други материјали.

На основу тога се може констатovati да се сечење и бушење бетона тер-

мичким поступком обавља као резултат истовременог термичког, хемијског и кинетичког дејства у време сагоревања при раду пламеника.

Термичко дејство састоји се у снажној екзотермној реакцији при сагоревању горионика, услед чега се јако подиже температура створених оксида и побољшава течљивост — флуидификација течне згтуре (отопине).

Хемијско дејство састоји се у сједињавању или мешању саставних елемената материјала који се сече с оксидима гвожђа, при чему згура постаје течнија.

Кинетичко дејство огледа се у томе што млаз кисеоника под притиском одбацује изван реза (бушотине) оксиде гвожђа који сами не би могли да буду избачени.

Постојећи поступци сечења и бушења

За сада постоје две врсте термичких поступака сечења и бушења: сечење уз примену горионика са кисеоником и сечење уз примену горионика — секача који при сечењу користе мешавину алуминијума и гвожђа.

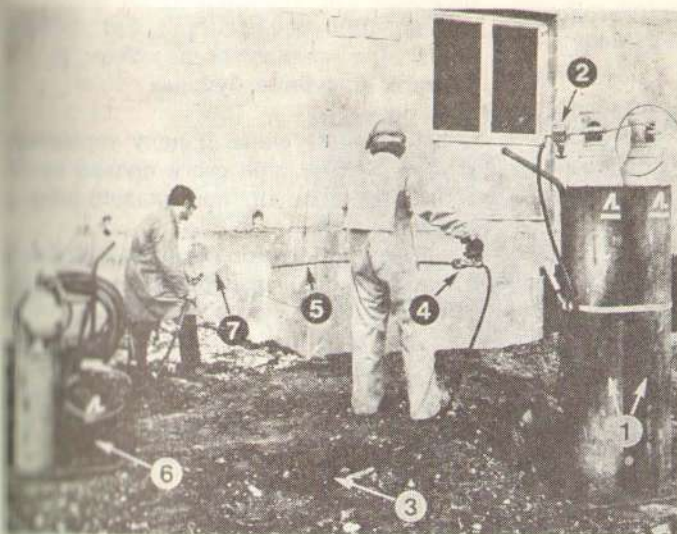
У првом случају, који се најчешће користи у Француској (горионик „Berl

(ix'') сечење се обавља тако што се кроз гвоздenu цев дужине 4 m спољашњег пречника 17 mm, испуњену са 12 металних жица пречника 3 mm (од алуминијума или легура), проводи кисеоник под притиском, при чијем сагоревању се ствара пламен температуре око 3.500°C . У зависности од обима и врсте рада, снабдевање кисеоником врши се из резервоара запремине 63 до 196 m^3 , или течним кисеоником који се уз помоћ једног евапоризатора претвара на лицу места у гасовито стање. Количина гаса неопходног за сагоревање једне шипке дужине 4 m, зависно од дебљине зида које треба исећи, креће се од 1 до 3 m^3 , а повећава се са повећањем дебљине зида. Притисак гаса — кисеоника варира у границама од 10 до 15 kg/cm^2 , зависно од удаљености резервоара од места на коме се сечење обавља и мора се регулисати, с обзиром на губитке при провођењу. Као проводник се користи армирано гумено црево, регулисање притиска и количине кисеоника у горионику, зависно од дубине продирања шипке горионика у зид, обавља се помоћу редуцир-вентила, којим рукује радник при сечењу (сл. 1).

Досадашња искуства у Француској показују да се овим поступком могу исећи отвори димензија $4 \times 4\text{ m}$ у бетонском зиду дебљине 4 m. Тако, на пример, сечење бетонског зида дебљине 1 m, на (при) дужини реза 1 m (гориоником „Berifix''), траје између 100 и 150 минута, а обавља се на тај начин што се сукцесивно избуши 20 до 25 рупа приближне величине 40 mm, при чему је за бушење сваке рупе потребно око 5 минута.

При сечењу уз примену горионика-секача са алуминијумским прахом користи се нормални ацетиленски горионик, намењен за сечење челика, само што при сечењу бетона мора да се повећа температура у ацетиленском горионику. То се постиже на тај начин што се у пламен, применом специјалне дизне и компресора, убацује мешавина гвозденог и алуминијумског праха и на тај начин се добијају температуре између 4.000 и 4.500°C , које омогућавају топлење бетона на ширини од око 3,5 cm.

Описаним поступком могу се изводити резони у конструкцијама дебљине и до 1,3 m, али за дебљине веће од



Сл. 1 — Организовање радног места за термичко бушење 1 — боца са кисеоником, 2 — редукуциони вентил, 3 — флексибилни цевовод за довод кисеоника, 4 — носач термичке цеви, 5 — термичка цев за сагоревање, 6 — комплет боца кисеоника и ацетилена за упаљач неопходан за паљење горионика 7 на термичкој цеви

0,8 m, као и при сечењу бетона мање дебљине (од 0,20 m), потрошња материјала нагло расте зато што пламен горњика — због плитког реза — само кратко време долази у додир с бетоном, тако да велики део топлоте остаје неискоришћен. Због тога оптимална дебљина зидова или елемената који се режу на овај начин износи од 0,25 до 0,6 m, а поступак је изводљив само ако се иза елемента који се сече налази простор у који може да продре пламен и истече отопина.

Погодности материјала за термичко сечење и бушење

Материјали који се могу сећи или бушити термичким поступком уз примену кисеоника могу се поделити у две групе:

- метали,
- минерални материјали (стене, бетони и армирани бетони).

Метале је препоручљиво бушити термичким поступком само у оним случајевима кад се тешко могу применити други класични поступци бушења (услед високе температуре материјала, тешко приступачног места, ограниченог времена за рад и сл.).

Основни састојци стена, цемената и бетона су карбонати калцијума и магнезијума, силико-алуминати, силикати и силицијуми. Расподела ових саставних чинилаца је од прворазредног значаја за карактеристике стена битне за процес термичког бушења и сечења. Скоро се може усвојити као правило да је стена погоднија за овакав начин бушења што је њен састав сложенији.

Стене силикатног порекла које садрже чист силицијум, као и стене кречњачког порекла од потпуно кристализованог кречњака (напр. мермери) ни су погодне за бушење, јер се бушење одвија споро, а потрошња кисеоника расте.

Бетони су састављени од различитих агрегата, везаних цементом различитог састава. Појављују се заједно следећи елементи: CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , и то у односима који варирају у зависности од порекла и врсте агрегата, односно цементног везива.

Битна карактеристика свих бетона је да увек имају сложени састав, односно да су способни да дају отопину која је довољно течљива (флуидна) и састављена од оксида гвожђа и полисиликата гвожђа и калцијума. При том треба нагласити да термичко бушење и сечење не зависе у великој мери од састава бетона, односно дозаже цемента и гранулометријског састава агрегата за бетон.

При термичком сечењу армираних бетона армирава сагорева, повећавајући количину произведених калорија, као и количину ангажованих оксида гвожђа, што повећава флуидност отопине и убрзава процес бушења.

Услед дејства топлоте, армирава на удаљености 15 cm од ивице рупе, односно површине сечења постаје неупо- требљива, а чврстоћа бетона око рупе 3 до 5 cm остаје трајно смањена. Ова зона трајног оштећења бетона може се лако одстранити механичким поступком.

Правци и дубине бушења

На радне услове и цену термичког бушења утичу, пре свега правац бушења (хоризонталан, вертикалан, кос) и дебљина зида.

Најједноставније се обавља хоризонтално бушење, јер отопина сама одмах истиче из зида, чиме се убрзава поступак бушења (сл. 2). Могућа су вертикална бушења у зидовима дебљине преко 1 m. Према досадашњим искуствима, максимална дубина до које је могуће обављати вертикална бушења износи 4 m (сл. 1, 3 и 4).

При вертикалном бушењу је битно да ли се оно обавља надоле или нагоре.



Сл. 2 — Сечење армиранобетонског појаса на прибоју од челичних талпи

Ако је вертикално бушење усмерено на доле, при достизању дубине од око 1,5 m притисак кисеоника није више

довољан да отопљени материјал (отопину) избаци из рупе, па је потребно применити уобичајене поступке који омогућавају избацивање материјала после хлађења отопине (механичке ударе и издувавање). (Сл. 2 и 6).

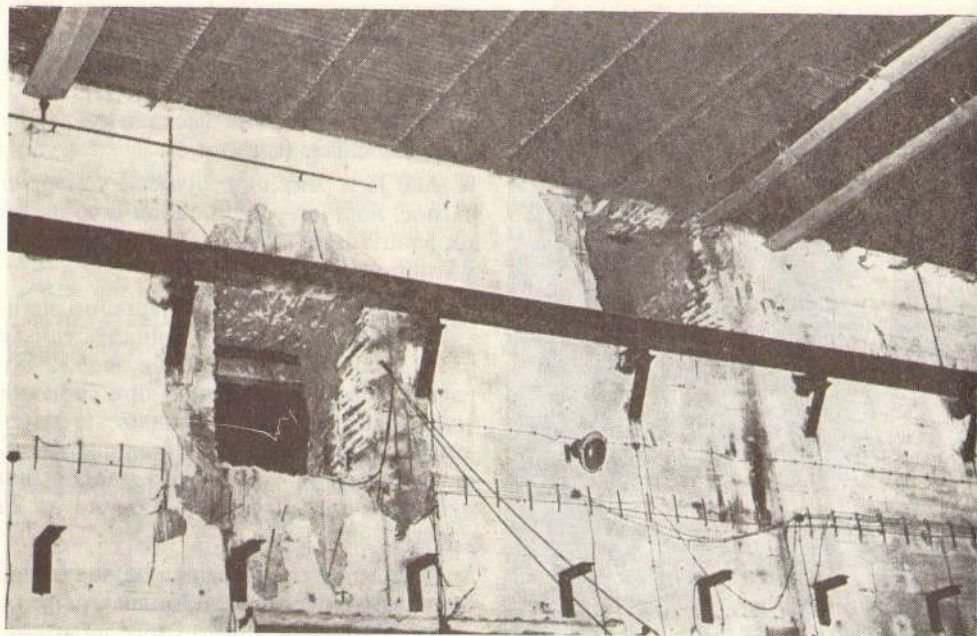
Ако је вертикално бушење усмерено нагоре, поступак је олакшан (као и при хоризонталном бушењу), а отопина сама истиче.

У свим случајевима потрошња шипки коришћених за термичко бушење расте с повећањем дебљине зида, а пораст је нарочито значајан при дебљини зида већој од 1 m. Повећање је нарочито значајно при вертикалном бушењу на доле, када потрошња шипки, при дубинама већим од 1,5 m може да се удвостручи.

Додавањем резервоара за воду, која се под притиском у жељеном тренутку може убацивати у бушотину ради лакшег избацивања отопине из избушене рупе (притисак воденог млаза мора бити већи за неколико kp/cm^2 од притиска кисеоника у пламенику), поступак термичког бушења може се применити и на дубинама преко 5 m. Вода се ињектира повремено, у зависности од напредовања бушења, а улога јој је да се на дну бушотине, у контакту са отопином, чија температура прелази 1.000°C , пре-



Сл. 3 — Сечење отвора у армирано бетонском зиду дебљине 60 cm



Сл. 4. — Два отвора у армиранобетонском зиду дебљине 2,5 m подморничке базе у Сен Назеру (Saint Nazaire) израђена применом термичког поступка

твори у водену пару која ће избацити отопину из бушотине.

Термичко сечење под водом

Термичко сечење и бушење под водом лакше се изводи него слични поступци у слободном простору, јер вода повољно делује на истицање отопине. Докле год је дубина воде у којој се обавља сечење мања од 4 m, пламеник се пали на површини, а потом га гњурац уноси у воду и поставља на жељено место. На дубинама већим од 4 m паљење се обавља специјалним упаљачем. Ширина реза у води не прелази 20 mm, иако изван воде износи 40 до 50 mm, што је, највероватније, последица расхлађујућег дејства воде на стране реза.

Резултати лабораторијских испитивања

Испитивања узорака узетих из бетона са места на којима су обављена

сечења термичким поступком показала су да се механичке карактеристике бетона не мењају, ипозев на 3 до 4 cm са сваке стране реза, где је бетон, због изложености јакој дехидратацији, измрвљен и испуцао. Нису запажене никакве штетне промене ни на агрегату за бетон, тако да постоје сви услови да се он на страни пресека добро веже цементним малтером.

Осим тога, извор топлоте, која износи приближно 3.000 до 4.000°C, децује веома локално и тренутно, а отопина се под притиском кисеоника одмах уклања из бушотине. Стога долази до врло малог повећања температуре материјала који се сече или буши. Мерење на греди пресека 0,50 x 0,3 m, при спољној температури 0°C, извршено непосредно по обављеном термичком сечењу, показало је да температура на површини реза износи 70°C, а у самој греди 18 до 20°C.

Припрема и опрема за бушење

За термичко бушење уз примену кисеоника неопходна је једноставна и не много сложена опрема. Као што се види на слици 1, опрема се састоји из:

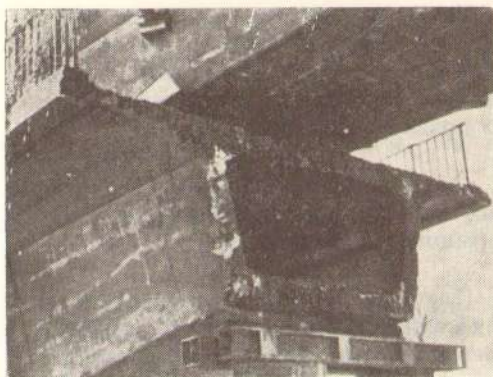
- опреме за снабдевање кисеоником, зависно од потрошње гаса на градилишту, притиска потребног за савлађивање отпора у цевоводу и дужине цевовода;

- носача термичке цеви и цеви са гориоником која служи за стварање пламена.

Носач цеви повезује еластични цевовод за довод кисеоника са термичком цеву преко вентила за регулисање довода кисеоника. Према литератури [4], термичке цеви са гориоником дуге су 3 и 4 m, имају пречник 16 и 21 mm, а њихова приближна тежина износи од 1,2 до 2,4 kp/m. Крајеви цеви су обрађени у виду навоја, како би се, с једне стране омогућила употреба отпадака шипки који нису сасвим потрошени (спајањем помоћу манжетне), и, с друге стране, да би се евентуално повезало више шипки при раду у посебним условима.

Количина кисеоника потребна за сагоревање једне термичке цеви типа "Berifix" дужине 4 m износи између 1 и 3 m³, у зависности од дебљине зида који се сече. Тежина термичке цеви "Berifix" износи око 6 kp и њим може лако да рукује један радник. (Сл. 1, 2 и 6).

Термичка цев се пали тако што се крај цеви коришћењем ацетиленског ламеника или на неки други погодан начин доведе до црвеног усијања, а затим бушење врши се после отварања вентила за довод кисеоника и сагоревања термичке цеви. По сагоревању једне термичке цеви друга термичка цев се причвршћује на носач, а пали се на исти начин што се врх цеви ставља у остављену отопину која је остала у рупи прекинутог бушења.



Сл. 5 — Ручно рушење пасареле испод моста за железничку пругу уз смањење времена потребног за њено рушење од једне седмице на само један дан

Усмеравањем прибора за сечење и бушење могу се извести вертикални, коси или хоризонтални резови. Резање плафонских конструкција обавља се, по правилу, одозго надоле.



Сл. 6 — Вертикално сечење цементно-бетонске плоче

Усмеравањем прибора за сечење и бушење могу се извести вертикални, коси или хоризонтални резови. Резање плафонских конструкција обавља се, по правилу, одозго надоле.

Могућности примене и предности термичког поступка

Поступак термичког бушења и сечења може се употребити при грађењу нових објеката, при реконструкцијама и рушењу старих или оштећених објеката, а нарочито ако се радови морају обавити без буке (болнице, насељени објекти и сл.) или без вибрација (зграде склоне паду, индустријски објекти, лабораторије и сл.).

Осим тога, термички поступак се може примењивати и у следећим случајевима:

- при отварању нових и преправци постојећих отвора у зидовима, таваницама, као и при изради отвора за све врсте инсталација (каблови, цевоводи, вентилационе и канализационе цеви итд.);

- при фундаирању различитих објеката, отклањању препрека, рушењу или замени темеља различитих машина у индустријским халама;

- при радовима на рушењу различитих конструкција (пропуста, мостова, греда и других објеката различите намене).

Многобројне су предности термичког поступка сечења и бушења у односу на класичне поступке, и то:

- велика брзина извођења радова при сечењу и бушењу;
- одсуство прашине, дима и неугодних мириса;
- врло мала бука при раду и потпуно одсуство вибрација и удара;
- могућност сечења зидова велике дебљине или јако армираних, као и примена поступка при радовима под водом;
- олакшано избацавање већих бетонских блокова без накнадног разбијања, ако се обезбеди приступ механизацији за утовар;
- релативно лака и једноставна опрема за рад, која се лако преноси;
- једноставно руковање и обука особља;
- минимални накнадни радови ради корекције исечених или избушених површина, што није случај при класичном поступку;
- минималне мере предострожности и заштите особља и околине.

С обзиром на наведене предности, термички поступак сечења и бушења уз примену кисеоника користи се у свим случајевима када је његово коришћење економски и технички оправдано. У пракси се уочава стални пораст примене и усавршавања поступка.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bareteau, P.: Découpe thermique de béton par lance „Berifix”, „Travaux”, 1973, br. 456
- [2] Gabriel, D.: Une application en milieu industriel de la découpe thermique à l'oxygene, a Aix-en-Provence, „Travaux”, 1973, br. 456
- [3] Daubos, P.: La découpe thermique du béton au centre hospitalier regioinal de Nîmes, „Travaux”, 1973, br. 456
- [4] Forage thermique à l'oxygene, „Construction”, 1973, br. 5

Заслужни чланови Друштва

Успеси и достигнућа у нашој путоградњи дело су бројних трудбеника и стручњака који су стални мањак у финансијским средствима и опреми надокнађивали ентузијазмом, сналажљивошћу, прегалаштвом и љубављу не тражећи за то посебне награде и признања.

Издавајући најзаслужније прегоаце као пример онима који данас раде и који ће тек доћи, редакција часописа истовремено одаје признање и захвалност свима онима који су у наше путеве уградили део себе — своје знање, младост и своју љубав према домовини, а који данас скромно проводе своје дане у заслуженом одмору трудећи се да своје богато искуство и знање пренесу на млађе.

НАЧЕЛО VIA — VITA ПРИМЕЊЕНО НА ЦЕЛИ ЖИВОТ

Дипл. инж. Радојица ЈАУКОВИЋ



Када би неки југословенски институт за испитивање јавног мњења (посебно међу путарима) спровео анкету о томе ко је најистакнутији и најпопуларнији човек међу путарима, вероватно је да би се врло велики број наших путара определио за инжењера Радојицу Јауковића, и то не само зато што је инжењер Радојица Јауковић био на веома значајним и истакнутим радним местима и положајима — од директора — оснивача Дирекције за путеве Србије до помоћника министра грађевина — и што је оснивач и изванредни директор Института за путеве Србије, што је градио најпре наш први ауто-пут Београд — Загреб, а касније руководио изградњом прве фазе 400 km дугог ауто-пута кроз Србију и био један од главних иницијатора за оснивање Дру-

штва за путеве Србије, а касније и Југословенског друштва за путеве...

Допринос инжењера Јауковића развоју наше путне мреже и организацији путне службе веома је велики. Скоро цео свој радни век посветио је путевима, учествујући у свим фазама рада: снимању и трасирању, пројектовању и грађењу, одржавању, планирању путних праваца, организовању институција из области путоградње, изради нормативних аката о путевима итд. Сав његов рад и његов живот најлепше и најкраће се могу изразити у свега две речи: VIA—VITA.

Инспиратор и организатор

Све што је постигао, постигао је захваљујући томе што се увек сав посвећивао путевима, што се предавао послу и задацима и борби за њихово остварење. У сваком послу показао се као изванредан организатор, а, изнад свега, умео је да приђе људима, да их окупи око себе, да их мобилише — не наредбом или декретом већ тиме што је у њих уливао онај невидљиви флуид своје вере у успех, што их је инспирисао и надахњивао својом вером у успех, успевајући да и на своју околину пренесе убеђење да само „треба хтећи, треба смети, па да видиш куд се лећи!..." (по Ј. Ј. Змају).

Радојица Јауковић рођен је у селу Дробњаци, под Дурмитором. Технику је студирао у Београду, издржавајући се тако што је давао „кондиције“ из математике. Он је у најбољем смислу те речи „self-made-man“. Стварајући себе, Радојица Јауковић је стварао дела од највећег значаја за путарску струку, и не само за њу!

Биографија једног садржајног живота

Као млад инжењер, Радојица Јауковић је у периоду од 1931. до 1936. године учествовао у пројектовању путе-

ва на територијама Техничких одељака у Зрењанину и касније у Рашкој, где се посебно истакао на грађењу пута Пљевља — Шавник, који је тада за Црну Гору представљао једну од најважнијих путних веза са Србијом.

Од 1936. до 1938. године радио је на трасирању и пројектовању међународног пута Параћин — Ниш — Пирот — бугарска граница, а у периоду од 1938. до 1941. године био је шеф Техничког одељења у Приштини, где су га затекли рат и мобилизација, а затим и заробљеништво.

Одмах по повратку из заробљеничког логора инжењер Јауковић се пуном снагом и енергијом укључио у обнову и изградњу да би ускоро постао шеф Секције за изградњу ауто-пута Београд — Загреб.

Од 1949. до 1953. године радио је као помоћник министра грађевина Србије, у којој су се градили (за тадашње појмове и могућности) велики објекти: хидроелектране „Власина“ и „Зворник“, фабрике у Севојну, Светозареву, Краљеву, Прибоју, Приштини, Новом Пазару и др.

По расформирању министарства, инжењеру Јауковићу се поверава руковођење Дирекцијом за путеве Србије. Ту је он у свом правом елементу: задатак му је драг и близак, средстава је врло мало, кадар је квалитетан али малобројан, а треба кренути и успети. У то време постављају се темељи наших предузећа за пројектовање и грађење путева. Пок. инжењер Б. Јуднић са својим најближим сарадницима (инж. Б. Тодоровићем, инж. Д. Антићем и др.) оснива „Трасу“, а пок. инж. В. Драговић предузеће „Партизански пут“. Инжењер Јауковић их је у томе подржавао и помагао. Давао им је задатке, заједно су тражили, некако и налазили средства за механизацију. Пристизали су већ и нови стручњаци са факултета. Била су већ отворена и значајна градилишта на изградњи путева: Шабан — Лозница, Нишка Бања — Бела Па-

ланка, Београд — Чачак — Титово Ужице и Краљево — Рашка.

Истовремено се радило на припремама за изградњу ауто-пута Београд — Ниш — Скопље. Проблема је било доста, јављале су се и дилеме у вези с пројектом и организацијом грађења, али одлучни борац Радојица Јауковић превазишао је и те ситуације и I фаза ауто-пута, пројектована и изграђена по нормама узорног квалитета, пуштена је у саобраћај 1963. године.

На траси тог пута сазрела је идеја о потреби стварања једне високостручне научне инжењерске институције, која би била усмерена на проблематику путева. Друштво за путеве Србије пружио је стручну и моралну подршку идеји о потреби оснивања једног института за путеве, који би отварао вилебике нашој путној привреди, почев од студије праваца до технологије грађења.

Али, од закључака једног стручног друштва до реализације тих закључака пут је био дуг и повремено врло тежак.

Радојица Јауковић, по природи врло упоран, а убеђен у исправност свог схватања да је такав институт насушна потреба ако се жели ићи даље и залазити дубље у струку и науку, ишао је непоколебљиво свом циљу, не зазирући од тешкоћа, не бојећи се неуспеха. На том тешком путу пуном препрека он је имао уз себе свој колектив, који му је одано помагао да се преброде године искушења и тешкоћа.

Наполеон Бонапарта је једном приликом у тешкој ситуацији, рекао да ни њега не постоји реч „impossible” (немогуће). Исто то је могао у то тешко

време рећи и Радојица Јауковић. Кад се радило о оснивању института, он није хтео да зна за речи: „немогуће је” или „то се не може”. Истрајао је и створио једну од најзначајнијих институција те врсте у нашој републици — Институт за путеве. Када се касније Институту прикључио и колектив „Трасе”, битка је била дефинитивно добијена, јер је то био колектив под чијим кровом се скупила елита наших инжењера-путара, и не само њих. Данас је то научна и стручна организација, која је са својим секторима (Студије и пројектовање, Истраживање и испитивање, Технологија и оператива) и лабораторијама дорасла сваком задатку из своје области.

Инжењер Радојица Јауковић је пре неколико месеци отишао у пензију, после 43 године рада. Својим квалитетима срчаног борца и изврсног организатора остварио је — назовимо га тако — своје животно дело — Институт за путеве СР Србије. Одлазећи у пензију, оставио га је у сигурним рукама својих сарадника и на добром путу.

Говорећи на свечаности која је била приређена поводом његовог одласка у пензију, инжењер Јауковић је свој говор почео тиме што је рекао да би — кад би био иоле бољи певач — отпевао песму „Је л ти жао што се растајемо? . . .”, а одмах потом је додао: „Мојам рећи, јесте, жао ми је”.

Рекао је то отворено, искрено и убедљиво.

То је прави Радојица Јауковић: отворен, искрен и убедљив.

Милутин Максимовић, дипл. инж.

ПОВОДОМ ОДЛАСКА У ПЕНЗИЈУ

Проф. Јурај ЗАГОДА, дипл. инж.,



После 46 година непрекидног јавног рада проф. Јурај Загода, дипл. инж., редовни професор Грађевинског факултета у Загребу, отишао је у пензију. У мају прошле године колектив факултета је на пригодној свечаности одао признање за дугогодишњи рад свом угледном и најстаријем наставнику.

Проф. Јурај Загода рођен је 29. априла 1903. године у Загребу. Одмах након дипломирања на Техничкој високој школи у Загребу почео је да ради на пројектовању и грађењу путева и улица. Од 28. септембра 1927. године радио је у Грађевинском одељењу бившег Градског поглаварства, а касније у Народном одбору града Загреба. Радећи у Градској управи, на местима на

којима је радио (од пројектанта до руководиоца) стекао је богато искуство у решавању стручних и научних проблема путоградње. Том подручју грађевинарства остао је веран у току читавог свог радног века.

Већ 1938. године на основу конкурса био је изабран за универзитетског наставника. Треба истаћи да се предмет „Цесте“ до тада није предавао. Проф. Загода израдио је за тај предмет наставни програм и предавао га је до одласка у пензију. У току свог рада на факултету непрекидно је радио на усавршавању наставних програма, у складу с напретком науке и врло брзим развојем путоградње и грађевинарства. Његова делатност ван директног наставничког рада била је усмерена и на проширење наставе отварањем последипломских студија из подручја „Грађење цеста“ и подизање научних и стручних кадрова. Дуги низ година, од 1938. године као хонорарни наставник, а од 1950. године као стални наставник обављао је разне дужности у оквиру Факултета, а био је и на положају шефа Катедре за цесте Грађевинског факултета у Загребу и предстојника Завода за цесте, Загреб.

Објављени и јавно оцењени радови проф. Загоде, усмерени на унапређење пројектовања и грађења путева, представљају значајан допринос нашој литератури из области путоградње, као и модерним методама пројектовања и

рационализације трошкова изградње. Већ 1946. године одштампана су прва његова предавања, а касније су штампана и нова издања, у потпуности прерађена и усклађена с развојем путоградње.

У току рада на Факултету проф. Загода је као наставник пренео основна знања из области путоградње на више од 2000 дипломираних студената. Његови бивши студенти успешно раде на одговорним местима у земљи и иностранству, а суделује и при планирању, пројектовању и изградњи значајних објеката ширег подручја путоградње.

За свој дугогодишњи плодан рад проф. Загода је примио два значајна признања. Грађевински факултет у Загребу доделио му је 1970. године поводом 50-годишњице Факултета повељу у знак признања за његове заслуге

за успешан развој Факултета. Друштво за путеве Југославије је на VIII конгресу, одржаном у Скопљу 1972. године, одало признање проф. Загоди за његов дугогодишњи и предани рад у области путоградње и изванредне заслуге на остварењу циљева и задатака Југословенског друштва за путеве, а у знак захвалности прогласио га је својим почасним чланом.

Стручном, научном и педагошком деловању проф. Загоде треба свакако додати и компоненте утицаја његових изванредних особина, пре свега племенитости, људске доброте, скромности и разумевања за проблеме сарадника и студената.

Желимо проф. Загоди добро здравље и дуг живот, очекујући да ће и на даље, према својим могућностима, сарађивати са млађим колегама у решавању бројних проблема путоградње

Александар Клеменчић, дипл. инж.

Новосћи из технике

Искуства са електричним загревањем мостова у Швајцарској*

У Швајцарској је, у експерименталне сврхе, инсталирано грејање на два моста. Грејање је било у погону седам до осам година. У току целог тог периода извођена су мерења и скупљани подаци и искуства. Резултате тог вишегодишњег рада, као и техничке податке о примењеним системима електричног загревања мостова, изнео је недавно М. Мосбергер (Moosberger), дипл. инж., из Управе за путеве Ст. Гален.

Први мост на коме је у Швајцарској инсталирано грејање био је мост код Мурга, на Валенском језеру. Грејање је уграђено у коловоз моста 1956. године, а било је у погону до 1960. године.

На мосту код Голдаха (Goldach) електрично грејање је инсталирано 1963. године, а у погону је било до 1970. године.

Општа карактеристика сваког система електричног загревања мостова је велики утрошак електричне енергије. Стога се никада не иде за тим да се коловоз моста у свим приликама одржи сувим и топлим. У пракси се тежи за тим да се услови какви постоје на прикључним путевима остваре и на самом мосту. Једино тако може да се избегне

најопаснија ситуација — да прикључни путеви буду суви, а коловоз моста залеђен. Конкретно, једини задатак грејања је да мосту надокнади топлоту тла коју мост нема, док је прикључни путеви имају. У том смислу су радили и уређаји за загревање на посматраним мостовима.

МОСТ КОД МУРГА

У јануару 1956. године на мосту код Мурга је постављено грејање по систему Кифер (Küfer) на површини од 360 m². Грејање је инсталирано да би се видела његова ефикасност у погледу отапања леда — спречавања поледнице — и да би се пратио распоред температура у конструкцији моста, која је изведена од преднапрегнутог бетона. Грејање је било изведено помоћу квадратне жичане мреже, отвора 10 mm, од неизолираних водова дебљине 1 mm, која је била постављена у асфалтни застор, дебљине 8 cm, на дубину 4 до 5 cm испод горње површине. Погонски напон износио је 25 V, а потрошња се могла регулисати у степенима:

*) Бабић Б., дипл. инж. „Цесте и мостови” бр. 4/1973.

36 W, 93 W и 154 W по 1 m² колника. Укључивање и искључивање система за грејање коловоза обављао је чувар моста ручно. За мерење температуре у конструкцију су били уграђени термoeлементи.

Мерењима и опажањима је установљено да је уређај био доста инертан, односно да је било потребно више часова загревања да би се у неким случајевима дошло до повољне температуре коловоза моста. У погледу расподеле температуре у самој конструкцији, на пример, разлике на горњој и доњој површини плоче моста износиле су свега неколико °C.

Недостатак система је у томе што захтева трансформатор, а то знатно повећава трошкове, док је његова предност у томе што пружа сигурност у раду због ниског напона (25 V) и мреже која несметано ради и поред електричних локалних оштећења.

Искуства стечена на примени овог начина грејања су, опште узето, добра, једино је важно да се грејање укључи правовремено, док коловоз на мосту још није залеђен. Слој снега, или чак леда, је врло тешко отопити и за то је потребно утрошити велику количину електричне енергије.

Утврђено је да је потребно 100 до 150 часова грејања оваквим начином загревања у току зиме, са 154 W по 1 m², да би се постигли уједначени услови на мосту и прикључним путевима.

Уклањањем бетона и посматрањем изводних елемената није примећена никаква ненормална корозија. У том погледу је било извесних бојазни због постојања лутајућих струја.

Уређај је био у погону осам година, после чега је прекинуто са загревањем јер је било довољно резултата, а површина која је загревана је била премала да би могла значајније да утиче на сигурност саобраћаја.

МОСТ КОД ГОЛДАХА

На мосту код Голдаха је у јесен 1963. године инсталиран један други систем — систем „Калорвеј“ (Calorway). И овде је циљ био да се добију искуства о елиминисању поледице, али уз помоћ једног потпуно аутоматизованог укључивања уређаја у случају опасности од поледице.

Новост система била је и у томе што је уређај за грејање у ствари представљао један тепих дебљине свега неколико милиметара, који је био налепљен на постојећи асфалтни застор. Због одличне изолације и велике отпорности тог тепиха, могао је да се користи напон од 380 V, па стога нису били потребни трансформатори.

Загревање се вршило помоћу жичане мреже која је била уложена у тепих. При том су се жице налазиле свега око 4 mm од површине. Отвори мреже износили су 2,5 cm, а дебљина жице 0,8 mm. Потрошња струје је износила 150 W по 1 m² колника.

Температура се мерила аутоматски и регистрована је на термографу.

Мерења су показала да је, због врло малог размака грејне мреже од површине, потребно врло мало времена да би се површина загрејала и да би се уклонила поледица.

Уређај за укључивање активиран је аутоматски преко посебних индикатора поледице — апарата који, поред температуре, региструју и релативну влажност ваздуха, тј. услове који погодују настајању поледице.

Испитивања изведена уз помоћ таквог апарата на једном другом мосту показала су да треба рачунати са око 70% правилних укључења и око 30% прераних или прекаских укључења.

Показало се да, ако се коловоз загрева док је још сув, треба 50 до 100 часова грејања преко зиме да би се добили идентични услови на коловозу моста и на прикључним путевима.

Недостатак система представљају прилично велики трошкови изолације, која је потребна да би систем био потпуно безопасан, јер се ради о напону 380 V.

Предност овог система је у томе што не захтева трансформатор, а загревање је брзо, па се и ту постиже уштеда.

Треба нагласити да је велика потрошња електричне енергије непожељна, и то нарочито зими.

Предност овог система је и у томе што може да се залепи на готов коловоз. Искуства су показала да није било опасности од одлепљивања грејног тепиха. Коловозни застор се одлично одржао све до пролећа 1970. године, дакле седам година, при просечном дневном саобраћају од 7.000 возила за 24 часа, а онда је нагло пропао — појавила су се оштећења од по неколико квадрат-

них метара, тако да је уређај морао да се уклони.

На основу искустава стечених при меном оба система може се закључити да је електрично загревање мостова технички изводљиво. Међутим, ово загревање ипак није нигде масовније изведено, за шта постоји више разлога:

- линије мостова данас су добро вођене, што утиче на сигурост саобраћаја;
- трошкови отклањања поледице помоћу соли и песка су мали, а сам начин је прилично ефикасан;
- трошкови постављања електричног загревања су велики;
- непожељан је и велики утрошак електричне енергије зими.

Бабић Б., дипл. инж.

РЕДАКЦИОНИ ОДБОР

Јовановић Добривоје, дипл. инж, Аскалић Зувдија, дипл. инж, Брауновић
Миодраг, дипл. инж. Бољевић Љубомир, дипл. инж, Ваја Војислав, дипл. инж,
Јовановић Србан, дипл. инж, Гаврилов Никола, дипл. инж, Диманић Бранислав,
дипл. инж, Букић Живорад, дипл. инж, Бурић Никола, дипл. инж, Иванов
Милан, дипл. инж, Јовановић Миодраг, дипл. инж, Манчевски Наум, дипл. инж,
Милановић Живка, тех, Обрадовић Миодраг, дипл. инж, Радловић Јован, дипл.
инж, Радисављевић Душан, дипл. инж. Станковић Милутин, дипл. инж, Терзић
Миодраг, дипл. инж, Филиповић Љубомир, дипл. инж, Шевчик Владан, дипл.
инж, Шжара Гојко, дипл. инж, и Шурбановић Бранко, дипл. инж.

Главни и одговорни уредник:

Др Звонко Јоксић, дипл. инж. Београд, Бул. Војводе Мишића 43, тел. 650-322

Технички уредник и коректор:

Вера Спасојчевић

Часопис издају:

Друштва за путеве Србије, Црне Горе и Македоније

Претплата за часопис:

300 дина годишње за појединце, а 600 дина за установе и предузећа. Цена часо-
писа по једном примерку 5 дина.

Оглашавање у часопису:

300 и 600 дина у једном броју, односно 5000 и 10000 дина годишње, зависно од
покривености огласа (половина или цела страна) и његовог положаја у часопису.
Огласе за часопис слати на текући рачун Друштва за путеве СРС код
Југословенске Банке — 60806-678-4223, а огласе и остало на Друштво за путеве СР
Србије, поштански фах 452, Кумодрашка нова 257.

